

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Paulius RUDZKIS

# INVESTICIJŲ Į ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGETIKĄ RIZIKOS VERTINIMAS

DAKTARO DISERTACIJA

SOCIALINIAI MOKSLAI,  
EKONOMIKA (04S)



LEIDYKLA  
Vilnius TECHNIKA 2014

Disertacija rengta 2010–2014 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

### **Mokslinis vadovas**

prof. habil. dr. Vidmantas JANKAUSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

### **Pirmininkas**

prof. habil. dr. Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

### **Nariai:**

prof. habil. dr. Juozas AUGUTIS (Vytauto Didžiojo universitetas, energetika ir termoinžinerija – 06T),

prof. habil. dr. Marta JUCHNOWICZ (Varšuvos ekonomikos mokykla, ekonomika – 04S),

doc. dr. Jelena STANKEVIČIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S),

doc. dr. Rima TAMOŠIŪNIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2014 m. gruodžio 10 d. 14 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112; el. paštas doktor@vgtu.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiusti 2014 m. lapkričio 7 d.

Disertaciją galima peržiūrėti interneto svetainėje <http://dspace.vgtu.lt/> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VG TU leidyklos TECHNIKA 2283-M mokslo literatūros knyga

<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-457-726-0

© VG TU leidykla TECHNIKA, 2014

© Paulius Rudzkis, 2014

[paulius.rudzkis@gmail.com](mailto:paulius.rudzkis@gmail.com)

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Paulius RUDZKIS

# RISK ASSESSMENT OF RENEWABLE ENERGY INVESTMENTS

DOCTORAL DISSERTATION

SOCIAL SCIENCES,  
ECONOMICS (04S)



LEIDYKLA  
Vilnius TECHNIKA 2014

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2010–2014.

**Supervisor**

Prof Dr Habil Vidmantas JANKAUSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

The Dissertation Defense Council of Scientific Field of Economics of Vilnius Gediminas Technical University:

**Chairman**

Prof Dr Habil Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

**Members:**

Prof Dr Habil Juozas AUGUTIS (Vytautas Magnus University, Energetics and Power Engineering – 06T),

Prof Dr Habil Marta JUCHNOWICZ (Warsaw School of Economics, Economics – 04S),

Assoc Prof Dr Jelena STANKEVIČIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S),

Assoc Prof Dr Rima TAMOŠIŪNIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defense Council of Economics in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **2 p. m. on 10 December 2014.**

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vgtu.lt

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 7 November 2014.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Internet website <http://dspace.vgtu.lt/> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

# Reziumė

Disertacijoje nagrinėjama suinteresuotų šalių rizika, susidaranti diegiant ir vykdanant atsinaujinančių išteklių energetikos (AIE) investicinius projektus, šios rizikos vertinimo ir minimizavimo galimybės ir metodai, grindžiami kokybinių ir kiekybinių metodų sinteze. Pagrindinis tyrimo objektas – investicijų į AIE rizika. Šio darbo pagrindinis tikslas – sukurti AIE specifikai pritaikytą investicijų rizikos vertinimo metodiką bei jos tinkamumą patikrinti sudarant investicijų į Lietuvos AIE rizikos vertinimo modelį ir įvertinant jo parametrus.

Disertacijoje sprendžiami keli pagrindiniai uždaviniai: atskleisti AIE plėtos prielaidas ir priežastis, lemiančias investicijų į AIE sukuriamą vertę ir rizikos suinteresuotoms šalims šaltinius; išnagrinėti rizikos ir neapibrėžtumų sampratas bei jų tarpusavio ryšį, sukuriamą įvairių neapibrėžtumo lygių spektrą ir išanalizuoti investicinės rizikos vertinimui taikomų rizikos analizės metodų savybes; panaudojant kokybinių ir kiekybinių tyrimo metodų sintezę, sukurti investicijų rizikos vertinimo metodiką, pritaikytą AIE projektų specifikai; patikrinti sukurtos investicijų rizikos vertinimo metodikos savybes ir jos pagrįstumą, sudarant investicijų į Lietuvos AIE rizikos vertinimo modelį ir įvertinant jo parametrus.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, literatūros šaltinių sąrašas, autoriaus publikacijų sąrašas disertacijos tema ir priedai. Įvade atskleidžiamas problemos aktualumas, formuluojamas darbo tikslas, uždaviniai, išryškinamas mokslinis bei praktinis darbo naujumas. Pirmame disertacijos skyriuje pateikiama išsami metodologinės medžiagos apie investicijų riziką ir sukuriamą vertę analizė. Taip pat analizuojama AIE projektų investicinė aplinka ir AIE projektams būdingi specifiniai rizikos veiksniai. Antrame disertacijos skyriuje nagrinėjami rizikos vertinimo metodologiniai principai, metodai ir jų taikymo ypatybės. Šiame skyriuje detaliai analizuojami kokybiniai ir kiekybiniai rizikos vertinimo metodai, jų sintezė ir galimos taikymo sritys. Trečiame disertacijos skyriuje pateikiamas kompleksinis investicijų į AIE rizikos vertinimo modelis, sudarytas daugiapakopės mišraus rizikos tyrimo struktūros pagrindu. Disertacijos pabaigoje pateikiamos bendrosios darbo išvados ir rekomendacijos.

Disertacijos tema paskelbtos penkios mokslinės publikacijos: trys recenzuojamuose mokslo žurnaluose (viena įtraukta į *Thomson ISI*, viena – į *IndexCopernicus* sąrašą) ir dvi tarptautinėse konferencijose (viena iš jų įtraukta į *Springer Proceedings* sąrašą).

# Abstract

The dissertation examines risk of stakeholders related to installation and implementation of investment projects of renewable energy sources (RES), opportunities and methods to assess and mitigate the same risk, relying on a synthesis of qualitative and quantitative methods. Key subject of research is RES investment risk. Key purpose of the paper is to examine the investment risk assessment technique, adjusted in view to the RES and to verify its suitability through modelling of investment risk into Lithuanian RES by assessing its parameters.

The dissertation deals with the following key tasks: to reveal preconditions and reasons for development of RES, accounting for the value of investment into value created by RES as well as sources of risk for the stakeholders; to examine the concepts of risk and uncertainties and their interconnection, leading to a range of different levels of uncertainties and to analyse features of risk analysis methods applied when assessing investment risk; by relying on a synthesis of qualitative and quantitative research methods, to develop an investment risk assessment methodology, adjusted to the specifics of RES projects; to verify the features of investment risk assessment technique and its validity, when forming a model for risk assessment of investment into Lithuanian RES and by assessing its parameters.

The dissertation includes an introduction, three chapters, general conclusions, list of literature, list of publications by the author on the topic of dissertation and annexes. The introduction reveals the relevance of the issue, presents the purpose and tasks of the paper, and outlines scientific and practical novelty of the paper. Chapter one of the dissertation presents an extensive analysis of methodological material concerning investment risk and value created. The chapter further examines investment environment of RES projects and risk factors specific to RES projects. Chapter two of the dissertation examines methodological principles and methods of risk assessment, and special features of their application. It also provides a detailed analysis of qualitative and quantitative risk assessment methods, their synthesis and possible fields of application. Chapter three of the dissertation presents a complex assessment model of RES investment risk, based on multi-stage mixed structure of risk analysis. The dissertation closes with summary conclusions and recommendations.

There are five scientific publications on the topic of dissertation, including three published in reviewed scientific journals (one listed in *Thomson ISI*, and another in *IndexCopernicus*) and two published in international conferences (one listed in *Springer Proceedings*).

---

# Žymėjimai

## Santrumpos

AIE – atsinaujinančių išteklių energetika

AP – atskleistos preferencijos

ARCH – autoregresinis sąlyginis heteroskedastiškumas (angl. *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*)

ATL – taršos leidimas

BCBS – Baselio bankų priežiūros komitetas (angl. *Basel Committee on Banking Supervision*)

CAPM – ilgalaikių aktyvų vertinimo modelis (angl. *Capital Assets Pricing Model*)

CBA – kaštų – naudos analizė (angl. *Cost-benefit Analysis*)

CRT – centrinė ribinė teorema

DCF – diskontuoti pinigų srautai

EIA – poveikio aplinkai vertinimas (angl. *Environmental Impact Assessment*)

EIB – Europos investicinis bankas

ES – Europos Sąjunga

EVT – ekstremalios vertės teorija (angl. *Extreme Value Theory*)

FIT – žalieji tarifai (angl. *Feed-in tariffs*)

GIS – geografinė informacinė sistema

GPD – apibendrintas Pareto skirstinys (angl. *Generalized Pareto Distribution*)

HS-VaR – istorinio modeliavimo (angl. *Historically Simulate*) metodas

i.i.d. – nepriklausomas ir identišškai pasiskirstęs

IEA – Tarptautinė energetikos agentūra (angl. *International Energy Agency*)

IP – investicinis projektas

IRR – vidinės grąžos norma

LCA – gyvavimo ciklo vertinimas (angl. *Life Cycle Assessment*)

LTV – paskolos ir turto santykis (angl. *Loan-to-value*)  
MAR – minimali toleruotina grąža (angl. *Minimum Acceptable Return*)  
MCDA – daugiakriterinė sprendimo paramos analizė (angl. *Multi-criteria Decision Analysis*)  
MLE – maksimalaus tikėtinumo metodas (angl. *Maximum Likelihood Estimation*)  
POT – pikas virš slenksčio (angl. *Peak over Threshold*) metodas  
RE – *Renewable energy* (santrumpa vartojama anglų k.)  
RES – *Renewable energy sources* (santrumpa vartojama anglų k.)  
ROI – investicijų grąža (angl. *Return on Investment*)  
RPS – atsinaujinančio portfelio standartai (angl. *Renewable Portfolio Standard*)  
SH – suinteresuotosios šalys (angl. *Stakeholders*)  
SPB – specialios paskirties bendrovė  
TMV – taršos mažinimo vienetas  
UNDP – Jungtinių tautų vystymo programa  
VaR – rinkos rizikos vertė (angl. *Value-at-risk*)  
WACC – vidutinė svertinė kapitalo kaina (angl. *Weighted Average Cost of Capital*)  
ŽT – Žalieji tarifai



---

# Turinys

IVADAS .....	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas .....	2
Tyrimų objektas.....	4
Darbo tikslas.....	4
Darbo uždaviniai .....	5
Tyrimų metodika .....	5
Darbo mokslinis naujumas .....	6
Darbo rezultatų praktinė reikšmė .....	7
Ginamieji teiginiai .....	7
Darbo rezultatų aprobavimas.....	8
Disertacijos struktūra.....	8
 1. ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGETIKOS PLĖTROS	
NEAPIBRĖŽTUMAS(-AI) IR RIZIKA TVARIOS PLĖTROS ASPEKTU .....	9
1.1. Ankstesni tyrimai.....	10
1.2. Atsinaujinančių išteklių energetikos rėmimo mechanizmai .....	12
1.3. Atsinaujinančių išteklių energetikai būdingi specifiniai rizikos veiksniai.....	18
1.4. Neapibrėžtumo(-ų) ir rizikos paradigminiai požiūriai .....	20
1.5. Investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką sukuriama vertė, rizika ir suinteresuotos šalys .....	24

1.5.1. Vertės komponentai .....	24
1.5.2. Socialinės ir ekonominės naudos vertinimo metodai .....	25
1.5.3. Vertė suinteresuotų šalių aspektu.....	27
1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas.....	29
<b>2. RIZIKOS VERTINIMO METODOLOGINIAI PRINCIPAI, METODŲ TAIKymo</b>	
<b>SRITYS IR YPATYBĖS.....</b>	<b>33</b>
2.1. Kokybiniai rizikos vertinimo metodai .....	35
2.2. Kiekybinių rizikos vertinimo metodų klasės, tikslumas ir pagrįstumas .....	38
2.2.1. Tikimybiniai ir statistiniai rizikos vertinimo metodai.....	39
2.2.2. Rinkos rizikos vertės apskaičiavimo metodai .....	41
2.2.3. Rizikos prevencijos metodai.....	51
2.3. Mišrių tyrimo metodų metodologiniai principai.....	53
2.4. Tyrimo struktūra ir konceptualus rizikos vertinimo modelis.....	59
2.5. Antrojo skyriaus išvados .....	62
<b>3. INVESTICIJŲ Į LIETUVOS ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGETIKĄ</b>	
<b>RIZIKOS MODELIAVIMAS .....</b>	<b>65</b>
3.1. Vėjo jėgainių parko sukuriama vertė .....	66
3.1.1. Vėjo resursų generacijos efektyvumas Lietuvoje .....	66
3.1.2. Investicijų komponentai.....	69
3.1.3. Pinigų srautai ir esamoji projekto vertė .....	71
3.2. Kokybinių rizikos vertinimo metodų taikymas atsinaujinančių išteklių energetikos investiciniams projektams .....	74
3.3. Suinteresuotų šalių ir pagrindinių rizikos veiksnių identifikavimas .....	76
3.4. Kiekybinių rizikos vertinimo metodų taikymo atskiroms atsinaujinančių išteklių energetikos sritims specifika.....	78
3.5. Mišrus investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimas .....	90
3.5.1. Kompleksinis investuotojo rizikos įvertinimas.....	95
3.5.2. Kompleksinis finansuotojo rizikos įvertinimas.....	98
3.6. Trečiojo skyriaus išvados .....	100
<b>BENDROSIOS IŠVADOS .....</b>	<b>103</b>
<b>LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....</b>	<b>105</b>
<b>AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS ..</b>	<b>119</b>
<b>SUMMARY IN ENGLISH.....</b>	<b>121</b>
<b>PRIEDAI .....</b>	<b>137</b>
A priedas. Pagrindiniai vėjo jėgainių parko rodikliai ir istoriniai efektyvumo duomenys.....	138
B priedas. Pagrindiniai nuokrypių nuo pradinės vertės pinigų srautų duomenys, eur/kw. ....	140

C priedas. Investuotojo ir finansuotojo rizikos scenarijai.....	142
D priedas. Ekspertinio vertinimo duomenys. ....	156
E priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje.....	157
F priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos. ....	160



---

# Contents

INTRODUCTION .....	1
Problem formulation.....	1
Relevance of the thesis .....	2
Object of research.....	4
Aim of the thesis.....	4
Objectives of the thesis .....	5
Research methodology .....	5
Scientific novelty of the thesis .....	6
Practical value of the thesis .....	7
Statements to be defended.....	7
Approval of research finding.....	8
Structure of the thesis .....	8
1. UNCERTAINTY(-IES) OF DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY AND RISK FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT .....	9
1.1. Previous studies .....	10
1.2. Renewable energy aid mechanisms .....	12
1.3. Risk factors specific to renewable energy .....	18
1.4. Approaches of uncertainty(-ies) and risk paradigm.....	20
1.5. Values created by investment to renewable energy, risk, and stakeholders ....	24
1.5.1. Value components .....	24

1.5.2. Assessment methods of social and economic benefit .....	25
1.5.2. Value from perspective of stakeholders .....	27
1.6. Conclusions of Chapter one and formulation of objectives .....	29
<b>2. METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF RISK ASSESSMENT, FIELDS AND SPECIAL FEATURES OF APPLICATION OF METHODS .....</b>	<b>33</b>
2.1. Qualitative risk assessment methods .....	35
2.2. Classes, precision, and validity of quantitative risk assessment methods.....	38
2.2.1. Probability – statistical risk assessment methods .....	39
2.2.2. Methods of calculation of market risk value .....	41
2.2.3. Risk prevention methods .....	51
2.3. Methodological principles behind mixed research methods.....	53
2.4. Research design and conceptual risk evaluation model.....	59
2.5. Conclusions of Chapter two .....	62
<b>3. MODELLING OF INVESTMENT RISK IN RENEWABLE ENERGY IN LITHUANIA .....</b>	<b>65</b>
3.1. Value created by a wind park .....	66
3.1.1. Efficiency of wind resource generation in Lithuania .....	66
3.1.2. Components of investment.....	69
3.1.3. Cash flows and current project value .....	71
3.2. Application of qualitative risk assessment methods to renewable energy investment projects.....	74
3.3. Identification of stakeholders and key risk factors .....	76
3.4. Special features of application of quantitative risk assessment methods to individual fields of renewable energy.....	78
3.5. Mixed assessment of renewable energy investment risk .....	90
3.5.1. Complex assessment of investor's risk .....	95
3.5.2. Complex assessment of funding provider's risk .....	98
3.6. Conclusions of Chapter three .....	100
<b>GENERAL CONCLUSIONS .....</b>	<b>103</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>105</b>
<b>LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF DISERTATION.....</b>	<b>119</b>
<b>SUMMARY IN ENGLISH.....</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>137</b>
Annex A. Key indicators of the wind park and data on historic efficiency. ....	138
Annex B. Key data on deviations from cash flows of initial value, EUR/kW.....	140
Annex C. Scenarios of risk of investor and funding provider .....	142
Annex D. Data of the expert assessment .....	156
Annex E. Permissions of co-authors to use publication material in the thesis .....	157
Annex F. Copies of author's publications on the topic of the dissertation .....	160

---

# Įvadas

## Problemos formulavimas

Investicinių projektų finansinės ir ekonominės analizės metodų taikymas reikalauja plačios duomenų aibės, apimančios finansinę, technologinę, teisinę, aplinkosauginę ir kt. informaciją. Didelė dalis šios informacijos yra prognostinės prigimties ir siejasi su ateitimi, kuri visada turi didelį neapibrėžtumo laipsnį. Tokia informacija negali būti pilna ir tiksli, nes įverčiai yra tikimybinės prigimties ir gali būti nusakomi tik tam tikrose ribose. Tuo pačiu ir projekto efektyvumas, kuris priklauso nuo realizavimo sąlygų, taip pat pasižymi tikimybine prigimtimi. Kaip tik dėl šios priežasties daug dėmesio skiriama finansinei ir ekonominei analizei, ir efektyvumo vertinimui rizikos ir neapibrėžtumo kontekste (Smidt, Bierman, 1992; Kohli 1993; Kurowski, Sussman, 2011). Kaip rodo literatūros analizė, nepaisant gausių teorinių ir paktinių šios srities rezultatų, dėl investicinių sričių ir tikslų įvairovės nėra pasiūlyta vieningo šios problemos sprendimo būdo. Investiciniai sprendimai visada pasižymi tam tikra rizika, o investicinių projektų (IP) įgyvendinimo rizikai didžiausią reikšmę turi neapibrėžti ateities įvykiai, kurie gali neigiamai paveikti investicinių projektų finansinę vertę. Problema ta, kad mes negalime visiškai tiksliai pasakyti nei kokią ateityje gausime rezultatą, nei potencialių išlaidų dydį.

Vertinant investicinių projektų efektyvumą kaštų-naudos analizės metodais, daroma prielaida, kad piniginių srautų, susidarančių projekto realizavimo proceso metu, kiekvieno periodo reikšmės yra tiksliai žinomos. Tuo tarpu realiame pasaulyje tai greičiau išimtis, nei taisyklė. Todėl būtina prognozuoti ne tik pinigų srautų struktūros kitimą laike, bet ir galimų jų nukrypimų tikimybes. Galimas finansinių operacijų rezultatų nuokrypis nuo labiausiai tikėtinų reikšmių parodo rizikos laipsnį. Tokiu būdu rizikos vertinimas – ne tik svarbi, bet ir būtina investicinių projektų efektyvumo analizės dalis.

Pagrindinė rizikos savybė yra tai, kad ji susijusi su ateities neapibrėžtumu, tad ir investicinį sprendimą tenka priimti esant nepilnai apibrėžtoms heterogeninės aplinkos sąlygoms. Taigi išskiriamos dvi sąvokos: su ateitimi susijęs neapibrėžtumas, ir su šiuo neapibrėžtumu susijusi rizika. Jų skirtumas tas, kad ateities neapibrėžtumas yra objektyvus – jo mes negalime nei pakeisti, nei valdyti.

Aptartos problemos atskleidžia investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimo metodologijų ir metodų taikymo problemas ir jų sudėtingumą. Atsižvelgiant į didėjančią atsinaujinančių išteklių energetikos vystymo poreikį globaliame kontekste ir įvertinant Lietuvos energetikos problemas, kyla poreikis ieškoti naujų, tikslesnių, investavimo į atsinaujinančios energijos šaltinius rizikos vertinimo būdų ir priemonių, skatinančių atsinaujinančių išteklių energetikos pažangą. Tad šio disertacinio darbo mokslinė problema: kaip sukurti investicijų į AIE rizikos vertinimo metodiką, paremtą skirtingų duomenų tipų sinteze, atskleidžiant ryšius tarp tam tikro stochastinio įvykio pasirodymo tikimybės ir jo poveikio investicinio projekto sukuriamai vertei bei patikrinti metodikos pagrįstumą Lietuvos AIE investicinių projektų atveju?

## Darbo aktualumas

Pasaulyje didėjant gyventojų skaičiui ir augant ekonomikai, nepaliaujamai auga ir energijos suvartojimas. Nuo 2004 iki 2008 metų pasaulio gyventojų skaičiui išaugus 5 %, bendroji energijos gamyba ir metinė CO<sub>2</sub> emisija išaugo po maždaug 10 % (International Energy Agency 2006, 2010). Nepaisant pasaulinės finansų krizės, tik 2009 metais G20 valstybėse fiksuotas 1,1 % energijos vartojimo smukimas, kuris jau 2010 metais paaugo 5% (Enerdata 2011), o CO<sub>2</sub> emisija dėl energijos gamybos padidėjo 5,8 %. Tarptautinė energetikos agentūra prognozuoja, kad dabartinėms tendencijoms nesikeičiant ir ateityje, 2030 m. energijos poreikis pasaulyje išaugs apie 60 %, o anglies dvideginio emisijos padidės 62 %. Pasaulio lyderiai sutaria, kad tokios tendencijos prasilenkia su tvarios (darnios) plėtros siekiais, tad jau per 2002 m. vykusį Pasaulinį aukšto lygio susitikimą dėl darnios plėtros (angl. *World Summit on Sustainable Development*) sutiko reikšmingai didinti atsinaujinančių išteklių dalį pasauliniame energijos



vartojime. Europos Sąjunga (ES) teikia išskirtinį dėmesį atsinaujinančių energijos išteklių vystymui ir energijos efektyvumo didinimui: nors 2008 m. atsinaujinantys ištekliai bendrame ES energijos balanse sudarė tik 10,3 %, tais pačiais metais Europos Parlamentas priėmė ambicingą sprendimą iki 2020 m. visoje ES sumažinti CO<sub>2</sub> taršą 20 %, tiek pat padidinti energijos vartojimo efektyvumą bei iki 20 % energijos išgauti iš atsinaujinančių išteklių.

Paskutinius kelis metus pasaulinės investicijos į atsinaujinančius energetinius išteklius ženkliai augo. Europa ir Kinija yra daugiausiai lėšų atsinaujinančių išteklių plėtojimui skiriantys regionai, o Europos investicinis bankas (EIB), kurio vienas iš pagrindinių uždavinių yra kova su klimato kaita ir tvarios, konkurencingos bei saugios energijos plėtojimas, tapo pagrindiniu finansavimo šaltiniu šių projektų vystymui. Per paskutinius kelis metus EIB paskolos atsinaujinančių išteklių vystymui padidėjo kelis kartus ir 2010 m. pasiekė 6,2 mlrd. EUR, o atsinaujinančios energetikos dalis bendrame investicijų į energetiką portfelyje nuo 2006 iki 2010 metų padidėjo tris kartus – nuo 10 % iki 30 %. Didžioji išduodamų paskolų dalis yra skirta vėjo ir saulės energijos gamybos vystymui. Akivaizdu, kad ES valstybėms norint įgyvendinti užsibrėžtus tikslus, šį dešimtmetį reikės didinti finansavimą atsinaujinančių išteklių plėtotei, o šių lėšų panaudojimo efektyvumas darys stiprią įtaką regiono vystymuisi bei visuomenės gerovei. Valstybėms narėms yra labai svarbu įvertinti šių investicijų sukuriamą naudą ir investicijas nukreipti į didžiausią naudą generuojančias technologijas. Atsinaujinančių energetinių išteklių atveju įvertinti sukuriama vertė nėra paprasta, nes tai neapsiriboja vien energijos gamyba, o apima daug platesnę sferą, įskaitant aplinkosaugą, darnų vystymąsi, naujų darbo vietų kūrimą, įtaką ekonomikos plėtrai. Tiesiogiai gaunama vertė sudaro tik vieną iš kuriamos vertės aibės komponentų, tačiau, kadangi šis komponentas yra lengviausiai išmatuojamas, jis linkęs dominuoti kitų verčių atžvilgiu.

Energetikos sektorius yra fundamentinis ūkio sektorius – nuo jo efektyvumo stipriai priklauso viso šalies ūkio, ypač pramonės, konkurencingumas. Šiuo metu daugelyje pasaulio valstybių dominuoja iškastiniu kuru paremtos technologijos. Ilgą laiką iškastinio kuro kainos buvo pakankamai stabilios ir santykinai nedidelės, o per paskutinius keliolika metų iškastinio kuro kainos padidėjo kelis kartus, taip pat atsirado didžiuliai trumpalaikiai kainų svyravimai. Be to, iš esmės pasikeitė požiūris į aplinkosauginius reikalavimus ir darnų vystymąsi. Tad ir standartiniai kaštų ir naudos vertinimo metodai ribotai prisitaiko prie dinamiškų energetikos sektoriaus aplinkos veiksnių ir galimų ateities pokyčių.

Brangstantys ir senkantys tradiciniai energijos šaltiniai skatina intensyvesnę atsinaujinančių išteklių naudojimą. Dėl mokslinio ir techninio progreso tobulėja atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo technologijos, didėja šių šaltinių konkurencingumas. Kaip rodo atlikti tyrimai, tam tikra technologija gaminamos

energijos kaina tiesiogiai susijusi su naudojimo patirtimi, o patirtis – su instaliuotų technologijų kiekiu.

Egzistuojančios metodikos nėra pilnai pritaikytos atsinaujinančių energijos šaltinių diegimo specifikai, o tiek verslui, tiek viešajam sektoriui aktualu sukurti patikimą metodologiją, kuri pajėgtų įvertinti atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo ekonominį efektyvumą ir riziką. Kadangi tokios metodikos sukūrimą apsunkina didelės prognozuojamų techninių ir ekonominių charakteristikų kitimo ribos ir neapibrėžtumas, jos tobulinimas yra itin aktualus ekonominis uždavinys.

Žvelgiant iš tradicinės ekonomikos pozicijų, investicijų patrauklumą lemia du pagrindiniai kriterijai: pelningumas ir rizika, kurie yra tarpusavyje susiję ir neatskiriami nuo sprendimo priėmimo proceso. Rinkos dalyviai veikia globalios laisvos rinkos sistemoje, kurios parametrai, tokie kaip būsimas rinkos dalyvių skaičius, išteklių prieinamumas, vartotojų perkamoji galia, paklausa, produkcijos kainos, nėra vienaareikšmiškai apibrėžti, tad sukuria neapibrėžtumo ir rizikos šaltinių aibę. Bendrą energetikos rizikos šaltinių spektrą sudaro finansinė rizika, eksploatacinė rizika, reguliavimo rizika, technologinė rizika, rinkos rizika, įstatyminė rizika, mokesčių rizika, tiekiamo galingumo rizika ir kt. (Meulbroek 2000; Štreimikienė 2010).

Rizikos šaltiniai visada susiję su tam tikro objekto veikla ir tikslu, kuris matuojamas pasiektu rezultatu. Dėl didelio rizikos rodiklių skaičiaus ekonominės veiklos rezultatas tampa atsitiktiniu dydžiu. Kiekvienam rinkos dalyviui būdingas unikalus atsitiktinio dydžio skirstinys, todėl veikloje dalyvaujančios suinteresuotosios šalys patiria skirtingų tipų riziką.

Investicijų rizika yra neatsiejama investicinės aplinkos ir investicijų patrauklumo vertinimo dalis. Investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimo metodikos sukūrimą komplikuoja plačios stochastinių techninių ir socialinių ir ekonominių charakteristikų aibės, todėl identifikuoti konkrečius rizikos lygius atskleidžiant ryšį tarp tam tikro įvykio pasirodymo tikimybės ir to pasirodymo pasekmių yra itin aktualus ekonominis uždavinys.

## **Tyrimų objektas**

Tyrimų objektas – investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizika.

## **Darbo tikslas**

Darbo tikslas – sukurti atsinaujinančių išteklių energetikos specifikai pritaikytą investicijų rizikos vertinimo metodiką bei jos tinkamumą patikrinti sudarant

investicijų į Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimo modelį ir įvertinant jo parametrus.

## Darbo uždaviniai

Siekiant iškelto tikslo keliami šie uždaviniai:

1. Atskleisti atsinaujinančių išteklių energetikos plėtros prielaidas ir priežastis, lemiančias investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką sukuriamą vertę ir rizikos suinteresuotoms šalims šaltinius.
2. Išnagrinėti rizikos ir neapibrėžtumų sampratas bei jų tarpusavio ryšį, sukuriamą įvairių neapibrėžtumo lygių spektrą ir išanalizuoti investicinės rizikos vertinimui taikomų rizikos analizės metodų savybes.
3. Panaudojant kokybinių ir kiekybinių tyrimo metodų sintezę, sukurti investicijų rizikos vertinimo metodiką, pritaikytą atsinaujinančių išteklių energetikos projektų specifikai.
4. Patikrinti sukurtos investicijų rizikos vertinimo metodikos savybes ir jos pagrįstumą, sudarant investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimo modelį ir įvertinant jo parametrus.

## Tyrimų metodika

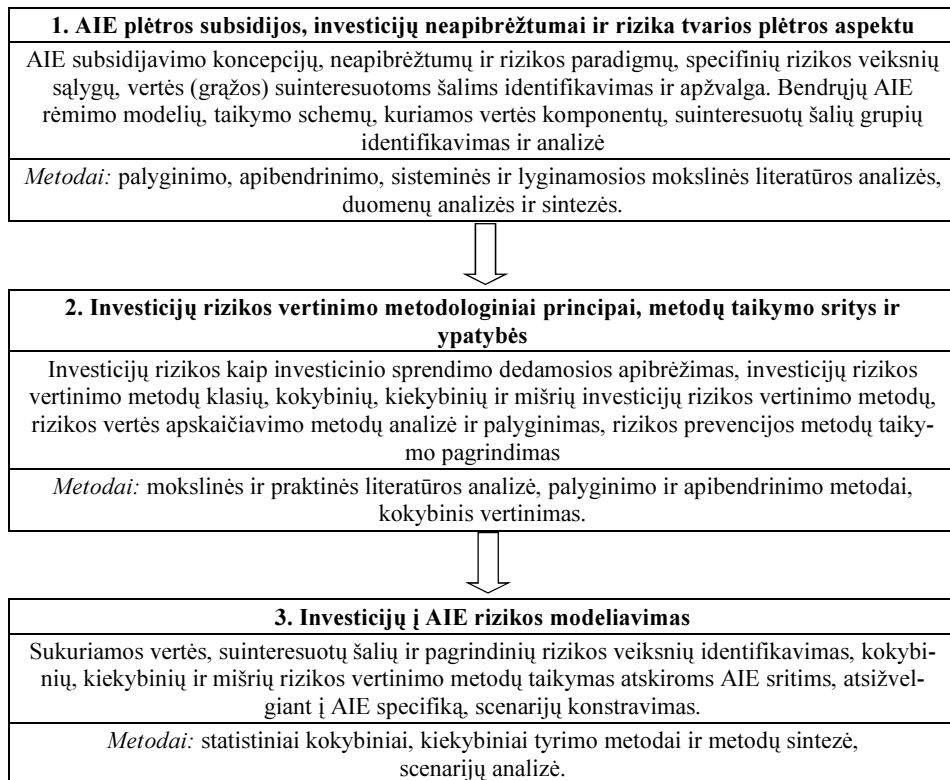
Atliekant mokslinį tyrimą ir duomenų analizę, buvo taikomi teoriniai ir empiriniai tyrimo metodai: palyginimo, apibendrinimo, sisteminės ir lyginamosios mokslinės literatūros analizės, duomenų analizės ir sintezės, kokybiniai ir statistiniai kiekybiniai investicinių projektų rizikos vertinimo, scenarijų, daugiamatės tikimybinės statistinės analizės.

Teorinė disertacinio darbo dalis, kurioje nagrinėjama mokslinė problema ir teminiai moksliniai darbai, atlikta taikant palyginimo, apibendrinimo, sisteminės ir lyginamosios mokslinės literatūros analizės metodus. Šiuose darbo skyriuose nagrinėjamos svarbiausios tiriamos problemos paradigmos ir apibrėžiamos sąvokos, vertinamos AIE rėmimo schemos ir investicijų rizikos bei neapibrėžtumų ištakos.

Antroji disertacinio darbo dalis, kurioje nagrinėjamos investicijų į AIE rizikos vertinimo metodika ir modelio konstravimo prielaidos, atlikta remiantis mokslinės ir praktinės literatūros analize bei kokybiniu vertinimu.

Trečioji, analitinė, disertacinio darbo dalis, skirta rizikos vertinimo metodikos savybių ir investicijų į Lietuvos AIE rizikos vertinimo modelio analizei,

atlikta sintezuojant kiekybinius ir kokybinius tyrimo metodus ir taikant scenarijų kūrimo metodus. Toliau pateikiama teorinės analizės ir taikytų tyrimo metodų schema (0.1 pav.).



**0.1 pav.** Teorinės analizės ir taikytų tyrimo metodų schema  
(šaltinis: autorius)

**Fig. 0.1.** Theoretical analysis and research methods scheme (source: author)

## Darbo mokslinis naujumas

Nors investicijų heterogeninėje aplinkoje, tarp jų ir investicijų į AIE, rizika buvo analizuota visos eilės autorių, tačiau labai mažai darbų, kuriuose investicijų rizika būtų nagrinėta suinteresuotų šalių aspektu, išskiriant kiekvienai šaliai būdingus rizikos veiksnius. Nauja ir tai, kad Lietuvos AIE investicinių projektų rizikos vertinimui panaudota daugiapakopė tyrimo struktūra, kurioje pritaikyta kokybinių ir kiekybinių metodų sintezė.

Rengiant disertaciją, gauti šie ekonomikos mokslui nauji rezultatai:

1. Atlikta rizikos metodų analizė padėjo nustatyti tinkamiausius investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimui metodus, pagrįstus daugiapakope tyrimo struktūra.
2. Sukurta atsinaujinančių išteklių energetikos projektų specifikai pritaikyta investicijų rizikos vertinimo metodika, kurioje išskirtos suinteresuotų šalių grupės, nustatyti joms būdingi investicijų rizikos šaltiniai ir jų vertinimo specifikai tinkantys metodai.
3. Sudarytas kompleksinis investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimo modelis.

## **Darbo rezultatų praktinė reikšmė**

Pritaikant sudarytą atsinaujinančių išteklių energetikos rizikos vertinimo modelį Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetikos atveju, jo parametrai buvo įvertinti remiantis empiriniais Lietuvos vėjo jėgainių parkų duomenimis. Sudarytas modelis, paremtas, investicijų rizikos scenarijais, leidžia suinteresuotų šalių grupėms įvertinti investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką riziką ir investicinės aplinkos patrauklumą.

## **Ginamieji teiginiai**

1. Atskiroms suinteresuotoms šalims būdingi skirtingi investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką projektus rizikos šaltiniai, skirtingas rizikos spektras ir jo lygiai, todėl reikia atskirai vertinti kiekvienos suinteresuotos šalies investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką riziką.
2. Daugiapakopė tyrimo metodika, sintezuojanti kokybinius ir kiekybinius rizikos vertinimo metodus, apjungia skirtingus rizikos tipus bei kompleksiskai įvertina investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką riziką kiekvienai suinteresuotai šaliai.
3. Investicijų rizikos vertinimo modelio pagrindu sukonstruoti rizikos scenarijai susieją galimas investuotojo ir finansuotojo pelno (nuostolio) funkcijas, jų pasirodymo tikimybes, atskleidžia investicijų rizikos ribas, tuo pačiu leidžia įvertinti investicinės aplinkos patrauklumą ir sudaro sąlygas geresniam resursų planavimui bei sprendimų priėmimui.

## Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema paskelbtos 5 mokslinės publikacijos. 3 iš jų paskelbtos recenzuojamuose mokslo žurnaluose: viena įtraukta į *Thomson ISI* (Burinskienė, Rudzki 2010), viena – EBSCO (Jankauskas, Kanopka, Rudzki 2014), viena – *IndexCopernicus* (Rudzki, Macijauskas 2012) sąrašą, o kitos 2 – tarptautinėse konferencijose, iš kurių viena (Burinskienė, Rudzki, Kanopka 2014) įtraukta į *Springer Proceedings* sąrašą.

## Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, rezultatų apibendrinimas ir priedai.

Darbo apimtis yra 137 puslapiai su santrauka, neįskaitant priedų, tekste panaudotos 43 numeruotos formulės, 19 paveikslų ir 13 lentelių. Rašant disertaciją buvo panaudoti 170 literatūros šaltinių.

---

## Atsinaujinančių išteklių energetikos plėtros neapibrėžtumas(-ai) ir rizika tvarios plėtros aspektu

Nors viešajame diskurse darni (tvari) plėtra dažniausiai minima aplinkosaugos kontekste, tradiciškai ji suvokiama per trijų tarpusavyje susijusių sferų – ekonominės, ekologinės ir socialinės – tarpusavio sąveikos prizmę (BMU 1998; Burinskienė, Rudzkienė 2007; Rafaj *et al.* 2006). Tokia koncepcija leidžia kategorizuoti su tvarumu susijusias problemas ir dažnai yra įvardijama „trijų ramsčių“ (angl. *three-pillar*) modeliu. Jungtinių tautų asamblėja, siekdama pasaulinių tvarios plėtros uždavinių, rekomenduoja kompleksiskai į juos žvelgti ir tuo pačiu skatinti spręsti ekonomikos vystymosi, socialinės gerovės užtikrinimo ir aplinkosaugos problemas, kurios neabejotinai yra tarpusavyje susijusios ir lemiančios tvarų vystymąsi (UN, 2005). Tačiau toks modelis kritikuojamas dėl per silpnos normatyvinės koncepcijos su neaiškiai apibrėžtomis kategorijomis, o kaip teigia Brand ir Jochum (2000), jame siekis užtikrinti gamtinių išteklių apsaugą yra tiesiog pakeičiamas metodologine sąvoka apie tarpsektorinę integraciją. Pagal kitą koncepciją, tvarumas gali būti suvokiamas per dviejų skirtingų paradigimų – silpno ir stipraus tvarumo, kontinuumą. Šios dvi paradigmos remiasi iš esmės skirtingomis prielaidomis apie gamtos sukurto ir žmogaus sukurto turto pakeičiamumą (Hartwick 1977; Pearce *et al.* 1996; Neumayer 2003). Silpnas tvaru-

mas įvardijamas silpnu pakeičiamumu (Neumayer 2003) ir yra paremtas idėja, kad tik agreguotos turto atsargos turi būti išsaugotos, o gamtos sukurtas turtas gali būti pakeistas žmogaus sukurtu turtu nekeliant grėsmės ateities gerovei. Pavyzdžiui, sukilus rinkos kainoms, iškastinis kuras gali būti pakeistas atsinaujinančiais energijos ištekliais (Neumayer 2003). Šios tvarumo sampratos šalininkai taip pat mano, kad žala gamtai gali būti kompensuojama žmogaus sukurtu turtu, o ekonominė sistema lanksčiai prisitaiko prie esamų turto variacijų. Stipriojo tvarumo proteguotojų požiūris yra kur kas kategoriškesnis – jie siūlo ateityje gresiančias problemas spręsti, ribojant ekonomikos vystymosi kelius, pavyzdžiui, numatant tam tikrus aplinkosaugos reikalavimus. Stiprus tvarumas gali būti suprantamas kaip nepakeičiamumo paradigmos, kuri remiasi prielaida, kad gamtos ištekliai negali būti pakeisti (Pearce *et al.* 1996; Neumayer 2003), dalis.

Nepriklausomai nuo proteguojamos darnaus vystymosi paradigmos, AIE gali reikšmingai prisidėti siekiant darnaus vystymosi tikslų. Visuotinai žinoma, kad iškastinio kuro vartojimas tiesiogiai mažina gamtos išteklius, o AEI panaudojimas energijos gamybai, priešingai – saugo gamtos išteklius, be to, jų naudojimas nemažina ateities vystymosi potencialo. Siekdamos sumažinti šiltnamio efektą, daugelis šalių savo energetikos strategijose AIE teikia išskirtinį dėmesį ir ieško technologiškai palankiausių ir ekonomiškai efektyviausių būdų atsinaujinančiai energijai išgauti, kartu siekdamos, kad išlaidų našta visuomenei būtų kuo mažesnė (IPCC 2011). AIE svarba, siekiant užtikrinti darnų vystymąsi ir priimti teisingus ilgalaikius sprendimus, stipriai priklauso nuo šalies geografinės padėties, ekonominių sąlygų, socialinės nelygybės, institucinės veiklos ir egzistuojančios infrastruktūros (Holling 1997; NRC 2000; Lele, Norgaard 1996; European Commission 2006). AIE plėtra mažina oro taršą, nes įgalina valstybes ne naudoti iškastinio kuro, todėl yra patrauklus aplinkosauginiu požiūriu. Iš kitos pusės, investicijos į AIE dažniausiai yra subsidijuojamos ir taip didina kainas, todėl gali neigiamai paveikti socialinę aplinką ir ekonomikos vystymąsi. Tad dėl šių priežasčių prieš imantis konkrečios skatinimo politikos, svarbu įvertinti AIE technologijų socialinį, ekonominį ir aplinkosauginį poveikį, technologijų suderinamumą su tvarios plėtros tikslais bei įvertinti skirtingoms sferoms kylančias rizikas.

Šio skyriaus tematika paskelbtos dvi autoriaus mokslinės publikacijos (Kanopka, Rudzakis 2013; Jankauskas, Kanopka, Rudzakis 2014).

## 1.1. Ankstesni tyrimai

Pastaraisiais dešimtmečiais atsinaujinanti energetika yra tapusi populiariu tarpdisciplininiu socialinių mokslų objektu: šią temą analizuoja ekonomikos, vadybos, politikos ir kt. disciplinų atstovai. Daugelis autorių, tokių kaip: Perrya *et al.*



2008; Pearce, *et al.* 1996; Dincer 2000; Dincer, Rosen 1998; Omer 2008, ir kt., nagrinėja, kaip AEI panaudojimas gali prisidėti įgyvendinant darnios plėtros siekius. Mokslininkai sutaria, kad investicijų į atsinaujinančią energetiką skatinimas yra esminis įrankis darnios plėtros tikslams įgyvendinti, tad didelė tyrimų dalis analizuoja AIE panaudojimo perspektyvas ir potencialą pasaulyje ar konkrečiose šalyse (Marčiukaitis 2011; Sankauskas 2011; Katinas *et al.* 2010; Markevičius *et al.* 2007; de Vriesa *et al.* 2007; Voivontas *et al.* 1998), nagrinėja reguliavimą ir atsinaujinančios energetikos politikos pokyčius (Juškys 2012; Mitchell, Connor 2004; Painuly 2001) ar AIE įtaką energijos kainoms (Schwabe *et al.* 2011).

Didelė mokslinės literatūros dalis analizuoja konkrečius investicijų į energetikos sektorių pritraukimo būdus: AIE paramos schemas (Midttun, Gautesen 2007; Wiser, Barbose 2010; Mendonca 2007; Rafaj 2006; Pollit 2008; Maurer, Barroso 2011; Menanteau *et al.* 2003; Couture, Gagnon 2010) ar ekonomines jų taikymo pasekmes (Tringas 2011; Tomson, Kallis 2011). Lietuvių autorių indėlis į šią diskusiją taip pat reikšmingas: jie (Stasiukynas 2011; Sveiklaitė, Stasiukynas 2014; Jankauskas 2011) tiria populiariausių investicijų į AIE paramos schemų privalumus ir trūkumus bei siūlo taikyti naują integruotą paramos schemą (Sveiklaitė, Stasiukynas 2014).

Investicijas heterogeninėje erdvėje nagrinėjantys mokslininkai domisi jų efektyvumo įvertinimo ir sprendimų priėmimo mechanizmais (Rutkauskas *et al.* 2002; Rutkauskas, Stankevičienė 2003; Rutkauskas *et al.* 2008; Rutkauskas *et al.* 2009; Rutkauskas, Stasytė 2010; Tamošiūnienė *et al.* 2006; Kalymon 1981; Bergmanna *et al.* 2006; Kohli 1993; Gillenwatera *et al.* 2014), tačiau investicijų į atsinaujinančios energetikos sektorių efektyvumo analizei skiriama mažai dėmesio.

Investicijų rizikos taip pat buvo tirtos eilės autorių, tokių kaip Alessandri *et al.* (2004), Buckley (2000), Miller (2007), Lipshitz, Strauss (1997), Alvarez, Barney (2005), Artzner *et al.* (1999), Avent (2008), Dhaene (2006), Miller (2007), Basil (1981), Stulz (1996), Balzer (1994), Olsen (1997), tačiau tik vienetai (pavyzdžiui, Bhattacharya ir Kojima 2012) analizuoja būtent AIE projektams būdingas rizikas. Apibendrinant investicinių rizikų literatūrą, galima teigti, kad didžioji darbų aptaria rizikų valdymo metodų taikymą ar tiria saugaus investicinio portfelio sudarymo specifiką, neadaptuodami rizikos valdymo mechanizmų atsinaujinančiai energetikai, o taip pat apsiriboja rizikos vertinimu vien iš investuotojo perspektyvos.

## 1.2. Atsinaujinančių išteklių energetikos rėmimo mechanizmai

Šiuo metu AEI kol kas negali konkuruoti su tradiciniais, išskastinį kurą naudojančiais, energijos gamybos būdais. Pasaulio valstybės, siekdamos skatinti AIE gamybą, taiko įvairius skatinimo būdus: tiesiogiai nustato kainas ir kvotas, remia investicijas, taiko mokesčių nuolaidas. Šių būdų visuma bendrai apibrėžiama atsinaujinančios energetikos standartuose (angl. *Renewable Energy Standards*). Skirtingi AIE rėmimo būdai priklauso nuo įvairių faktorių, tokių kaip technologinė bazė, teisinės tradicijos ir pan. (1.1 pav.) Vieni rėmimo mechanizmai gali būti nepriimtini valstybės institucijoms ar pagrindiniams akcininkams (Mitchell *et al.* 2011), kiti preferencijas teikia besivystančioms, o ne jau diegiamoms technologijoms (Midttun, Gautesen 2007).

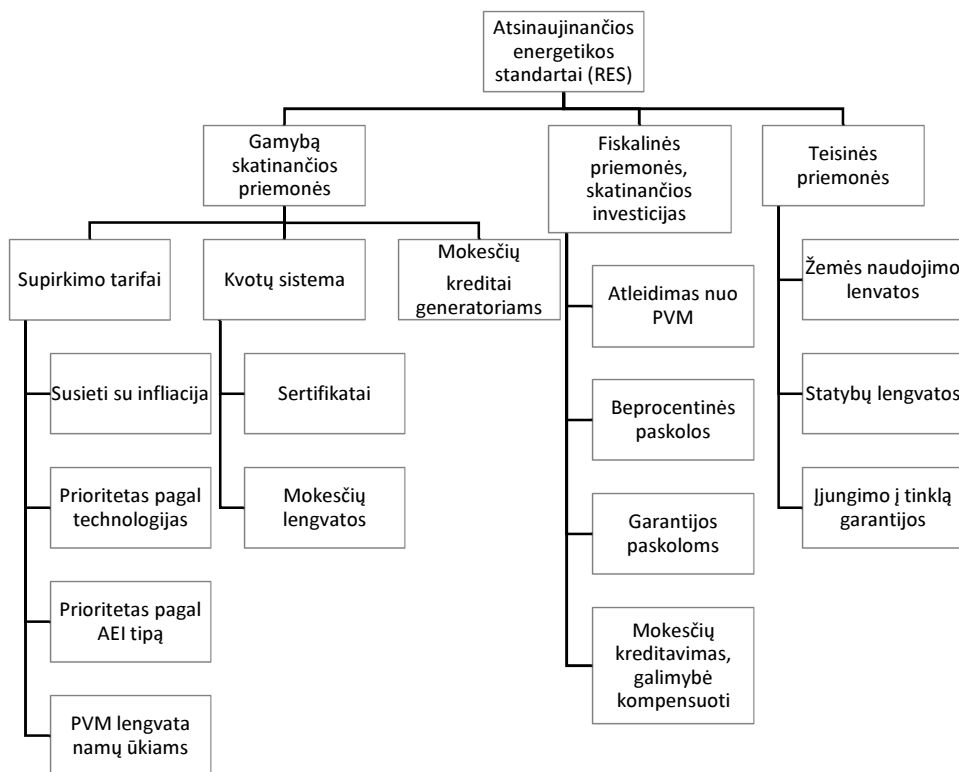
Atsinaujinančios energetikos standartų siekiai yra taikomi daugelyje šalių: 2011 m. 73 pasaulio valstybės buvo nusistatę tikslą siekti didesnės AIE dalies bendroje energijos gamyboje. Dažniausiai naudojama atsinaujinančios energetikos skatinimo sistema yra žalieji tarifai, kuriuos vienokia ar kitokia forma naudoja apie 50 pasaulio valstybių, tačiau dažnai naudojami ir kiti AIE rėmimo būdai ar kelių būdų deriniai. Gamybą skatinančias priemones galima sugrupuoti į dvi grupes (modelius): žalieji supirkimo tarifai (angl. *feed-in tariffs*, *FIT*) ir kvotos (*quotas*), kurios dažnai vadinamos atsinaujinančio portfelio standartais (RPS).

Kvotos yra komandinė kiekio reguliavimo forma, kuri įpareigoja komunalines įmones tam tikrą dalį elektros energijos pirkti iš atsinaujinančių šaltinių. Šis reguliavimo būdas gali būti taikomas ne tik elektros energijai, bet ir šilumai, transporto sektoriaus kurui. Pagal šį skatinimo modelį dažniausiai skatinamos mažiausiai kainuojančios technologijos, kadangi įmonės, privalančios patenkinti kvotos reikalavimus, gali rinktis gamybą iš įvairių atsinaujinančios energijos gamybos technologijų.

Skirtingai nei kvotos, FIT skatinimo modelis yra ne kiekio, o kainos reguliavimo mechanizmas (Pollit 2008). Pagal šį modelį gamintojas pasirašo kontraktą, kuriuo nustatoma fiksuota mokama suma už sugeneruotą AIE energijos kiekį (kWh), taip paremiant energijos gamybą iš AIE. Šio subsidijavimo problema – kaip suvienodinti skirtingų rūšių energijos gamybos technologijų su skirtingais gamybos kaštais patrauklumą. Nepaisant modelio skirtumų, abu šie privalomai diegiami modeliai yra panašūs dviem aspektais:

- jie skatina atsinaujinančių išteklių panaudojimą energijos gamybai;
- už viską galiausiai sumoka vartotojai.

Šie du bendri modeliai (kvotos ir FIT) gali turėti įvairias taikymo schemas. Vienos iš jų gali skatinti pasiūlą, kitos – paklausą. Taikymo schemose gali būti numatyta skirtinga parama pagal veiklos tipą, t. y. skatinamas instaliacijos galimumas arba skatinamas generavimas.



**1.1 pav.** Atsinaujinančios energetikos skatinimo priemonės  
(šaltinis: autorius)

**Fig. 1.1.** Renewable energy support schemes (source: author)

Europos Sąjungoje nėra nustatytų vieningų atsinaujinančios energetikos rėmimo mechanizmų, tad pastaraisiais metais ES šalyse buvo taikomos skirtingos schemos, tačiau visgi daugeliu atveju ES valstybės narės renkasi taikyti FIT tarifus, rečiau – kvotas su numatytais privalomais žaliaisiais sertifikatais (angl. *quota obligation systems with tradable green certificates*) (Bode 2006). Taip pat taikomos ir fiskalinės priemonės, tokios kaip mokesčių lengvatos, investicijų finansavimas ar kitos lengvatos (1.1 lentelė).

**1.1 lentelė.** Europos Sąjungos valstybėse taikomi atsinaujinančių išteklių energetikos rėmimo mechanizmai (šaltinis: autorius)

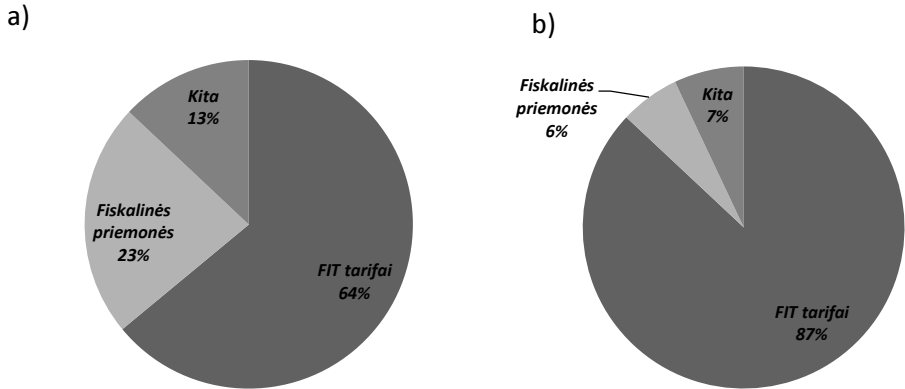
**Table 1.1.** Renewable energy support schemes in different European Union member states (source: author)

FIT (Žalieji tarifai)	Kvotų sistema	Fiskalinės priemonės
Austrija, Čekija, Vokietija, Kipras, Danija, Estija, Ispanija, Bulgarija, Graikija, Airija, Italija, Liuksemburgas, Lietuva, Portugalija, Nyderlandai, Slovėnija, Slovakija, Didžioji Britanija.	Belgija, Lenkija, Švedija, Rumunija.	Suomija, Didžioji Britanija, Slovėnija, Malta.

FIT sistemos yra pačios populiariausios ir naudojamos beveik visose Europos Sąjungos valstybėse narėse. Taikant šį modelį, nustatoma elektros supirkimo kaina ilgesniam ar trumpesniam laikotarpiui, kurią AIE gamintojams moka elektros skirstymo ar perdavimo bendrovės. Kitas FIT variantas yra fiksuotų priemonių sistema, pagal kurią vyriausybė nustato fiksuotą priemonę, kuri mokama AIE gamintojams papildomai prie elektros rinkos ar bazinės kainos.

Kaip galime pastebėti iš 1.2 paveikslė pateiktos informacijos, didžioji dalis pasaulyje naujai įdiegtos vėjo ir saulės energijos pajėgumų yra sukurti FIT (žaliųjų) tarifų dėka. Vertinant įdiegtus naujus vėjo energijos pajėgumus, pastebime, kad 64 % instaliuotos galios buvo įdiegta naudojant FIT sistemos paskatas, 23 % – fiskalines priemones, o 13 % – visas likusias priemones kartu sudėjus (Tringas 2011). Saulės energijos atveju FIT sistemos taikymas daro dar didesnę poveikį investicijoms: net 87 % naujų galingumų buvo sukurti FIT tarifų dėka, skatinant fiskalinėmis priemonėmis, įrengti 6 % galingumų, o visomis likusiomis priemonėmis – 7 % (Tringas 2011).

FIT sistema, kitaip dažnai vadinama žaliaisiais tarifais, dažniausiai apibrėžiama kaip tam tikra AIE paramos forma, kuri priklauso nuo generuojamos elektros energijos kiekio. Paramos dydis yra nustatomas administracinių institucijų, nedalyvaujant rinkai (UNEP 2012). Dažniausiai FIT veikia pagal tokią schemą, kai visą elektrą, pagamintą naudojant AEI, superka tinklų operatorius ar



**1.2 pav.** Įrengti pasaulio energijos galingumai pagal skatinimo priemones:

a) vėjo energija; b) saulės energija (šaltinis: Tringas 2011)

**Fig. 1.2.** Global installed capacity by incentive type, %:

a) wind power; b) solar power (source: Tringas 2011)

tiekėjas pagal nustatytą, paprastai aukštesnę nei rinkos, kainą, o ši prievolė galioja tam tikrą laikotarpį. Papildomą našta už šią brangiau superkamą elektrą pasidalija visi energijos vartotojai. Dažniausiai nustatomi skirtingi supirkimo tarifai skirtingoms (vėjo, saulės, biomasės elektrinėms) technologijoms (Jan-kauskas 2011; Mendonca 2007).

Nuolaidų ir dotacijų sistema. Nuolaidos ir dotacijos dažniausiai būna vienkartinės, jas skiriant technologijų diegimo pradžioje, o ne ilgesniam laikotarpiui. Panašiai kaip ir FIT sistema, dažniausiai tai yra tiesioginė finansinė išmoka investuotojams, kuri yra aiškiai apibrėžta. Nuolaidų ir dotacijų sistema dažnai taikoma ir išsivysčiusiose, ir besivystančiose pasaulio valstybėse (REN21 2011; Van der Linden *et al.* 2005), tačiau jų taikymo pobūdis dažnai skiriasi. Tradiciškai nuolaidų ir dotacijų sistema dažniau naudojama siekiant skatinti vystomas ir mažiau išbandytas technologijas (UNEP 2012). Šio investicijų skatinimo būdo didžiausias trūkumas yra tai, kad jis nėra pagrįstas efektyvių technologijų naudojimui. Investuotojai nėra suinteresuoti diegti ilgalaikes efektyvias sistemas, nes išmokos priklauso nuo bendrų projekto išlaidų, tad „išpūtus“ technologijų kainas, galima siekti padidinti išmokų lygį. Be to, tai skatina naudoti žemesnės kokybės komponentus ir minimizuoti išlaidas sistemos priežiūrai.

Mokesčių lengvatos. Mokesčių lengvatos dažniausiai paremtos projekto kaštais arba skaičiuojamos nuo generuojamos elektros energijos kiekio (pavyzdžiui EUR/kWh). Lengvatų investicijoms taikymas yra panašus į nuolaidų ir

dotacijų sistemą, nes subsidijos yra gaunamos projekto įgyvendinimo metu. Lengvatos generuojamai elektros energijai savo prigimtimi yra panašesnės į FIT, nes yra suteikiamos, kai elektros energija jau yra pagaminta. Pagrindinis skirtumas tarp tiesioginių išmokų ir mokesčių lengvatų yra tai, kad, norint taikyti pakankamas mokesčių lengvatas, pirmiausia investuotojas turi turėti tam tikrus mokestinius išpareigojimus, kad galėtų pilnai pasinaudoti taikoma mokesčių lengvata. Mokesčių lengvatų taikymas yra ypatingas tuo, kad nereikalauja papildomų rinkliavų, todėl atrodo politiškai patrauklesnis. Kita vertus, mokesčių lengvatos sukuria kliūtis bendrovėms, neturinčioms pakankamų mokestinių išpareigojimų, ir mažina investicijų į AIE patrauklumą smulkesnėms įmonėms. Be to, kad būtų įmanoma pasinaudoti lengvatų nauda, dažnai numatoma sąlyga dėl investuoto nuosavo kapitalo dalies. Vadinasi, tai gali lemti santykinai didesnę nuosavo kapitalo poreikį, kas tokioms bendrovėms gali sąlygoti neoptimalią kapitalo struktūrą su didesniais kapitalo kaštais, lyginant su kitomis bendrovėmis, turinčiomis didesnę skolinto kapitalo dalį.

Kvotų sistema. Kvotų sistema dažniausiai reikalauja, kad elektros energijos tiekėjas savo parduodamos elektros energijos struktūroje turėtų tam tikrą kiekį iš AIE pagamintos elektros energijos. Šis santykinis įpareigojimas laike dažniausiai didėja, kol pasiekia tam tikrą valstybės užsibrėžtą lygį (Ottinger, Bradbook 2007). Kvotų taikymo politika pirmą kartą buvo pristatyta JAV prieš daugiau nei 25 metus ir nuo tada dažnai keitėsi (van der Linden *et al.* 2005; Wiser *et al.* 2010; Lyon, Yin 2010). Kvotų sistemą taikančios valstybės dažniausiai naudoja AIE kreditus (žaliuosius sertifikatus), pagal kuriuos vykdoma apskaita ir tikrinamas iškeltų tikslų atitikimas. Konkursai ir prekyba žaliaisiais sertifikatais yra du pagrindiniai mechanizmai, kuriais gali būti įgyjami žalieji sertifikatai.

Konkursų ir aukcionų sistema dažniausiai siejama su kvotų politika, tačiau konkursai ir aukcionai gali būti naudojami ir platesniame kontekste. Pagrindis skirtumas tarp konkursų ir FIT sistemos yra kainų nustatymo mechanizmas: pagal konkursų ir aukcionų sistemą investuotojai dažniausiai konkuruoja dėl teisės parduoti savo elektros energiją už konkrečią kainą, tuo tarpu pagal FIT sistemą kainos yra aiškiai nustatytos. Yra daugybė požiūrių kaip galima kompleksiskai struktūrizuoti konkurencijos procesą, kad būtų pereita nuo vieno mažos kainos pasiūlymo laimėtojo prie kelių ciklų aukcionų su keliais laimėtojais (Maurer, Barroso 2011). Konkursų ir aukcionų sistema yra patraukli, nes į skatinimo mechanizmą įneša daugiau skaidrumo. Nepaisant to, konkursai dažniausiai organizuojami periodiškai, tad sukuria papildomus kaštus ir veikia kaip barjeras mažiems projektams, todėl jie nėra tinkami valstybėms, kurios palaiko skirtingo dydžio, tarp jų ir mažus, projektus (UNEP 2012). Be to, aukcionai gali pritraukti spekuliacinius pasiūlymus su labai mažomis kainomis ir abejotinu būsimu išpildymu: pavyzdžiui, ES 67–78 % konkursų laimėtojų pasitraukia ir neįgyvendina savo projektų (Wiser *et al.* 2010).

Prekyba žaliaisiais sertifikatais pirmą kartą buvo pristatyta JAV dešimtajame dešimtmetyje (Rader, Norgaard 1996). Žaliasis sertifikatas yra sąlyginis elektros energijos vienetas, kuris gali būti atskirtas nuo pačios elektros energijos, ir juo gali būti prekiaujama žaliavų biržoje. Bendrovės, siekdamos išpildyti joms iš anksto iškeltus „žaliosios“ energijos panaudojimo tikslus, iš elektros gamintojų papildomai įsigyja žaliuosius sertifikatus, atitinkančius tam tikrą pagamintos „žaliosios energijos“ kiekį. Šiuo metu prekyba žaliaisiais sertifikatais įgyvendinama naudojant įvairius mechanizmus, įskaitant prekybą jais rinkoje, konkursus, derybas ar standartinius pasiūlymus. Tokia prekyba dažniausiai yra atskirta nuo pačios elektros energijos gamybos bei dažniausiai pardavinėjama rinkoje arba sudarant trumpalaikius susitarimus. Nors žaliųjų sertifikatų kaina rinkoje gali labai smarkiai svyruoti priklausomai nuo pasiūlos ir paklausos, tačiau taikant efektyvią baudų sistemą šiuos svyravimus galima apriboti. Kainų svyravimai sukuria labai didelę riziką investuotojui, todėl projektų finansuotojai juos vertina kaip papildomą riziką ir, atsižvelgdami į tai, dažnai sumažina projekto vertę (Baratoff et al. 2007; Ford *et al.* 2007). Be to, dėl žaliųjų sertifikatų atskyrimo nuo elektros energijos rinkos, investuotojai susiduria su dar viena papildoma rizika, mat turi sudarinėti kelis skirtingus kontraktus – tiek elektros energijai, tiek ir sertifikatams (Mitchell *et al.* 2011).

„Žaliosios“ elektros energijos gamybos skatinimas Lietuvoje. Lietuvos AIE rėmimo schema apima FIT tarifus ir kitas tiesiogines bei netiesiogines paramos priemones. Lietuvos atsinaujinančių išteklių įstatyme numatomos šios AIE paramos priemonės:

1. Fiksuotas tarifas.
2. Energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių supirkimas.
3. Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių įrenginių prijungimo prie energetikos tinklų ar sistemų išlaidų kompensavimas.
4. Energetikos tinklų ar sistemų galios ir pralaidumo ar kitų atitinkamų techninių parametrų rezervavimas atsinaujinančius energijos išteklius naudojančioms įrenginiams prijungti.
5. Energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių persiuntimas pirmumo teise.
6. Elektros energijos gamintojų atleidimas nuo atsakomybės už pagamintos elektros energijos balansavimą ir (ar) elektrinės gamybos pajėgumų rezervavimą skatinimo laikotarpiu.
7. Parama žemės ūkio produkcijos – biokuro, biodegalų, biotepalų ir bioalvyų gamybos žaliavos – gamybai ir perdirbimui.

8. Privalomo atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti ir (ar) privalomo energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo, taip pat biodegalų naudojimo reikalavimai.
9. Parama investicijoms į atsinaujinančius energijos išteklius naudojančias technologijas.
10. Kitos įstatymų nustatytos lengvatos.

Iki 2011 m. Lietuvoje buvo taikoma aiški „žalios“ elektros energijos supirkimo schema: Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija, atsižvelgdama į faktinius duomenis, kiekvienais metais nustatydavo „žalios“ elektros energijos supirkimo tarifus, kuriuos diferencijuodavo pagal technologijas ir generatorių galią. 2011 m. buvo pradėta taikyti fiksuotų tarifų aukcionų sistema, kai Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija vieną kartą per metus nustato maksimalius tarifus, kurie taip pat diferencijuojami pagal technologijas ir elektrinių instaliuotus galias. Aukcionai organizuojami Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nustatytais terminais, bet ne vėliau kaip 180 d. nuo gamintojo prašymo organizuoti aukcioną pateikimo. Aukcionai organizuojami regioniniu principu, juose paskirstoma numatyta galios kvota. Aukciono laimėtoju pripažįstamas dalyvis, nurodęs mažiausią pageidaujamą fiksuotą tarifą. Fiksuotas elektros energijos supirkimo tarifas laimėtojui galioja 12 metų, ką galima laikyti vidutinės trukmės paramos laikotarpiu (Gifford *et al.* 2010). Tarp anksčiau nurodytų paramos priemonių dar verta paminėti, kad paramos laikotarpiu AIE gamintojai yra atleidžiami nuo balansavimo bei galios rezervavimo prievolės. Pasibaigus paramos laikotarpiui, AIE gamintojai pradeda prekiauti rinkos sąlygomis, tačiau jų generuojamą elektros energiją vis dar išipareigojama supirkti kaip prioritetinę.

### **1.3. Atsinaujinančių išteklių energetikai būdingi specifiniai rizikos veiksniai**

Vystant AIE projektus, susiduriama ne tik su standartiniais investiciniams projektams būdingais rizikos veiksniais, bet ir specifinėmis, tik AIE projektams būdingomis, rizikomis. Būtent AIE projektams būdingas rizikas galima suskirstyti į dvi stambias grupes, t. y.:

- technologinė rizika (susijusi su stochastine IAE prigimtimi);
- politinė rizika (susijusi su valstybės parama).

Technologinė rizika yra susijusi su stochastine AEI prigimtimi – t. y. tuo, kad vėjo ir saulės elektrinių atveju investuotojai negali tiksliai žinoti, kiek elektros energijos generuos jėgainė. Vėjo elektrinių efektyvumas siekia apie 27 %, o



saulės elektrinių – apie 9 % (Cowi Baltic 2009). Vadinas, net ir nedidelis skirtumas tarp planuoto ir realaus efektyvumo gali daryti stiprią įtaką generuojamos elektros energijos kiekiui ir finansiniams srautams. Pavyzdžiui, vėjo elektrinės atveju 1 proc. punktu mažesnis efektyvumas beveik 4 proc. punktais sumažina generuojamos elektros energijos kiekį. Stochastinė AIE prigimtis taip pat apsunkina sistemos balansavimą ir sukuria papildomas išlaidas rezervo užtikrinimui.

Investicijų į AIE politinė rizika iš esmės susijusi su valstybės pasirinkta paramos schema bei su jos galimu pasikeitimu susijusiais netiesioginiais rizikos veiksniais. Lyginant dvi pagrindines, fiksuotų tarifų ir žaliųjų sertifikatų, paramos schemas, Lietuvoje naudojama fiksuotų tarifų paramos schema vertinama kaip mažiau rizikinga ir geriau užtikrinanti investicijų apsaugą (Jankauskas 2011; UNEP 2012). Tuo tarpu žaliųjų sertifikatų arba kvotų paramos schemos pagrindinė rizika yra su jos taikymu susijęs neapibrėžtumas laike. Šiuo atveju vartotojai arba tiekėjai privalo įsigyti nustatytą dalį „žalios“ elektros energijos, o gamintojai konkuruoja dėl „žalios“ elektros energijos pardavimo. Esant nepakankamai pasiūlai, „žalios“ elektros energijos kainos gali labai stipriai išaugti, arba, atvirkščiai, – padidėjus pasiūlai, kainos yra linkę ženkliai kristi. Galimi svyravimai lemia tai, kad investuotojams labai sudėtinga prognozuoti kainas net kelių metų laikotarpiui, nes net nedideli kvotų, elektros energijos vartojimo ar „žalios“ elektros energijos pasiūlos pasikeitimai gali stipriai jas įtakoti. Fiksuotų tarifų atveju kaina yra nustatoma konkrečiam paramos periodui, todėl investuotojai patenka į aiškiau apibrėžtą investicinę aplinką ir gali lengviau prognozuoti būsimus pinigų srautus. Pagal Lietuvoje taikomą fiksuotų tarifų paramos schemą galima išskirti šiuos rizikos veiksnius:

- Aukciono (ne)laimėjimas. Lietuvoje investuotojas, norėdamas užsitikrinti fiksuotą tarifą, turi laimėti aukcioną, kuriame kas metai yra apibrėžiama tik viršutinė tarifo riba. Nelaimėjus aukciono, projektas užsitęsia, dėl to patiriamai papildomi kaštai bei atsiranda rizika, kad bus išnaudotos visos galios kvotos, o kitas aukcionas įvyks tik vyriausybei nusprendus galios kvotas padidinti.
- Paramos schemos pakeitimas. Lietuvoje fiksuotas tarifas ir kitos paramos priemonės yra taikomos 12 metų, tačiau išlieka rizika, kad valstybė vienašališkai gali nuspręsti pakeisti sąlygas, pavyzdžiui, sumažinti tarifą, pareikalauti užtikrinti galios rezervą ar įvesti balansavimo mokestį. Paramos schemos pakeitimas pasitaiko, valstybei suvokus, kad ji nustatė per didelius paramos tarifus (Jankauskas 2011). Tai nėra retas atvejis – dėl per aukštų nustatytų tarifų AIE paramos schema buvo pakeista Latvijoje, Lietuvoje, Ispanijoje ir Čekijoje. Per aukšti supirkimo tarifai taip kelia riziką ženkliai išaugti elektros energijos kainai, dėl ko nukenčia vartotojai, kas savo ruožtu lemia neigiamos visuomenės nuomonės AIE projektų atžvilgiu formavimąsi. Šiuo metu Lietuvoje taikoma paramos

vėjo energetikai schema veikia zonų ir galios kvotų principu, taip ribodama vėjo elektrinių skaičių, todėl artimiausiu metu paramos schemos esminis pakeitimas yra mažai tikėtinas.

- Paramos laikotarpis. Fiksuotas elektros energijos supirkimo tarifas gali-oja tam tikrą laikotarpį, kuris dažniausiai būna trumpesnis negu pačios jėgainės gyvavimo laikotarpis. Vėjo ir saulės jėgainių eksploatavimo laikotarpis tradiciškai laikomas apie 20 metų (Ernst&Young 2011). Ka-dangi parama Lietuvoje teikiama 12 metų, reiškia, kad investuotojams lieka neapibrėžtas 8 metų laikotarpis, per kurį jėgainė veiks rinkos sąly-gomis.
- Projekto įgyvendinimo vėlavimas. Dėl dažnai pasitaikančių komplikuo-tų teritorijų planavimo procedūrų, teisminių ginčų su kaimyniniais gyven-tojais, poveikio aplinkai vertinimo ir panašių procesų projekto realiza-vimas gali užsitęsti. Vėluojant įgyvendinti projektą, atsiranda rizika, kad per tą laiką sumažės paramos tarifas, į rinką ateis naujos technologijos, pasikeis paramos schema, nustos galioti laimėtas aukciono tarifas ar pa-sibaigs remtinios galios kvotos. Lietuvoje vien teritorijų planavimo pro-cedūros trunka nuo 1 iki 2 metų (Cowi Baltic 2009), todėl visas projekto derinimo ir pradžios laikotarpis gali net trukti kelis metus.

## 1.4. Neapibrėžtumo(-ų) ir rizikos paradigminiai požįūriai

Kaip rodo literatūros analizė, beveik visuotinai pripažįstama, kad neapibrėžtu-mas ir rizika yra neatskiriami nuo sprendimo priėmimo proceso, tačiau visiško sutarimo dėl šių definicijų nėra (Alvarez, Barney 2005; Alessandri *et al.* 2004; Buckley 2000; Miller 2007; Lipshitz, Strauss 1997).

Vertinant riziką, investicinio sprendimo priėmimo kriterijų galima suformu- luoti kaip priklausantį nuo dviejų kintamųjų:

$$IP \text{ efektyvumas} = f(\text{pajamos, rizika}). \quad (1.1)$$

Determinuotu atveju rizika lygi nuliui ir efektyvumas priklauso tik nuo pa-jamų, t. y. nuo gautos naudos ir išlaidų santykio. Tačiau kai atsiranda situacijos „neapibrėžtumas“, tai negalima visiškai tiksliai nustatyti naudą ir išlaidas, ka-dangi jie dar tik bus gauti ateityje. Šiuo atveju į skaičiavimus būtina įtraukti naudos ir išlaidų tikimybės  $p_n$  ir  $p_{is}$ :

$$IP \text{ efektyvumas} = (nauda \times p_n) / (išlaidos \times p_{is}). \quad (1.2)$$

Tikimybių  $p_n$  ir  $p_{is}$  santykis parodo rizikos dydį:

$$Riz = p_n / p_{is}. \quad (1.3)$$

Žvelgiant iš tradicinės ekonomikos pozicijų, rizika ir neapibrėžtumas taip pat nėra tapatūs. Tačiau terminas „neapibrėžtumas“ kartais nėra tiksliai atskiriamas nuo rizikos, ypač tais atvejais, kai sprendimų priėmimas susijęs su nežinoma ateitimi arba kai ateitis yra žinoma, tačiau negali būti išmatuota. Klasikiniu požiūriu rizika susijusi su sprendimais, kurių veiksmų pasekmės yra tikimybės ir pasižymi žinomu tikimybinio skirstiniu (Knight 1921).

Šiuo metu egzistuoja du pagrindiniai požiūriai į neapibrėžtumą ir riziką bei jų tarpusavio ryšį:

1. Rizika kyla dėl neapibrėžtumo. Neapibrėžtumas šiuo atveju suvokiamas kaip dėl nepilnos ar netikslios informacijos apie investicinio sprendimo realizavimo aplinką atsirandanti nepilna ar netiksliai informacija apie įvairių parametrų reikšmes ateityje.
2. Situacijos rizika kyla dėl to, kad kai kurių įvykių pasirodymas turi tikimybinę prigimtį, kurią galima įvertinti tikimybiniais metodais.

Ateities neapibrėžtumai formuojasi dėl eilės skirtingų veiksnių įtakos:

- neapibrėžtumą laike lemia tai, kad daugelio veiksnių reikšmė ir jų svarba ateityje negali būti tiksliai apibrėžta;
- rinkos konjunktyūros neapibrėžtumas kyla, kai tikslūs rinkos parametrų taškiniai įverčiai nėra žinomi;
- suinteresuotų šalių elgesys ir jų interesų konfliktai taip pat prisideda prie bendro neapibrėžtumo lygio ir kt.

Visų šių veiksnių junginys sukuria įvairių neapibrėžtumo lygių spektrą. Neapibrėžtumas, būdamas neatskiriama investicinių projektų įgyvendinimo dalimi, yra vienas iš kompleksiškesnių ekonominių reiškinių komponentų. Ypač daug neapibrėžtumų egzistuoja globalios laisvos rinkos sistemoje, neturinčioje griežto reguliavimo.

Neapibrėžtumas daro didelę įtaką situacijai rinkoje. Investuotojų ekonominį elgesį rinkoje lemia jų pasirinkimas ir rizikos sąlygomis realizuojama veikla, kurią riboja teisės aktai. Kiekvienas rinkos santykių dalyvis veikia neturėdamas sėkmės garantijų ir nežinodamas tikslų vienareikšmiškai apibrėžtų parametrų reikšmių, tokių kaip būsimas rinkos dalyvių skaičius, išteklių prieinamumas esant fiksuotoms kainoms, vartotojų perkamoji galia, paklausa ir pan.

Rizikos šaltinių aibę ir jų poveikį suinteresuotos šalys gali vertinti labai skirtingai. Bendras energetikos rizikos šaltinių spektras labai platus (Meulbroek

2000; Štreimikienė 2010): finansinė rizika, eksploatacinė rizika, reguliavimo rizika, technologinė rizika, rinkos rizika, įstatyminė rizika, mokesčių rizika, tiekiamo galingumo rizika, ir kt. Dėl didelio rizikos veiksnių skaičiaus galimos ekonominės veiklos rezultatas tampa atsitiktiniu dydžiu. Kaip ir kiekvienas atsitiktinis dydis, jis turi savo pasiskirstymo funkciją ir parametrus.

Mokslinė literatūra pateikia įvairius rizikos analizės ir valdymo metodų apibrėžimus, tačiau daugelis išskiria dvi sudedamąsias rizikos dalis: rizikos analizę ir rizikos vertinimą (Avent 2008). Pagrindinis rizikos analizės tikslas – identifikuoti konkrečius rizikos lygius, atskleidžiant ryšį tarp tam tikro įvykio pasirodymo galimybės ir to pasirodymo pasekmių (ISO 2009). Tarptautiniuose rizikos valdymo standartuose sukurtos bendros rizikos valdymo schemos, kuriose išskiriami keli pagrindiniai rizikų suvaldymo žingsniai (ISO 2009; COSO 2004), t. y.:

- įmonės strateginių tikslų apibrėžimas, rizikos priėmimas ir tolerancija;
- rizikos įvertinimas, kuris apima rizikos identifikavimą, rizikos analizę, rizikos vertinimą;
- rizikos minimizavimas.

Rizikos vertinimo tikslas – įvertinti ir pateikti duomenis apie investicinio projekto realizavimo tikslingumą bei pasiūlyti galimų finansinių nuostolių minimizavimo priemones. Bendrą rizikos vertinimo tikslą galima išskaidyti į kelias dalis:

- konkrečių projektų rizikos tipų faktorių aibės ir riziką sukeliančių priežasčių (neapibrėžtumų) nustatymas;
- hipotetinių išskirtų rizikos tipų realizacijos pasekmių analizė ir jų monetarinio ekvivalento nustatymas;
- priemonių, minimizuojančių nuostolius, pasiūlymas.

Rizikos teorijoje taip pat atskiriamos kelios sąvokos: veiksniai (faktorai), rizikos rūšys, nuostolių nuo galimų rizikingų įvykių tipai. Rizikos veiksniai – tai visi neplanuoti įvykiai, kurie su tam tikra tikimybe gali įvykti ir daryti neigiamą įtaką projekto realizavimui, arba tam tikros sąlygos, kurios situacijos rezultata daro neapibrėžtą. Be to, vienus iš šių įvykių galima numatyti, o kiti yra praktiškai nenuspėjami.

Vienas iš svarbiausių rizikos analizės etapų – analizės metodo parinkimas. Rizikos ir neapibrėžtumų vertinimui taikomi dviejų tipų metodai: kiekybiniai ir kokybiniai. Šie metodai ne pakeičia, o papildo vienas kitą, o jų kompleksinis taikymas užtikrina tikslesnį rizikos įvertinimą. Priklausomai nuo analizuojamos situacijos, vienais atvejais geriau tinka kokybiniai metodai, kitais – kiekybiniai. Kai analizėje kokybiniai metodai jungiami su kokybiniais, gauname mišraus tipo metodus. Kiekybinė analizė taikoma rizikos veiksnių, sričių, tipų nustatymui ir

klasifikavimui, jų priežasčių identifikavimui, galimų negatyvių pasekmių įvertinimui ir galimų nuostolių išmatavimui ir minimizavimui (Frame, 2003; Smitt, Bierman, 1992; Kurowski, Sussman, 2011).

Skirtumas tarp rizikos ir neapibrėžtumo išryškėja ir taikant informacijos vertinimo būdą: rizikos atveju įvertinamos nepriklausomų kintamųjų tikimybinės savybės, tuo tarpu neapibrėžtumo atveju šios savybės lieka už vertinimo ribų. Šie skirtumai fiksuojami matematinėje operacijų tyrimo teorijoje, kur sprendimo priėmimo uždaviniai išskiriami į dvi grupes: esant rizikai ir esant neapibrėžtumui. Kita vertus, egzistuoja tam tikri neapibrėžtumai, dėl kurių kai kuriuos ateities įvykius įvertinti labai sudėtinga arba neįmanoma. Tai atvejai, kai iš turimo konteksto padaryti išvadas apie atskiras situacijas yra problematiška, ypač jeigu praeitis nenurodo būsimų įvykių krypties ir nesuteikia ateities įvykių gairių (Dunn 2000; Slater, Spencer 2000).

Sprendimo priėmimo procesas buvo analizuotas tiriant atskirai rizikas ir neapibrėžtumus bei jungiant jų daromus poveikius (Alessandri *et al.* 2004). Tyrimai parodė, kad, kai neapibrėžtumas ir rizika veikia kartu, neapibrėžtumo poveikis linkęs dominuoti virš rizikos poveikio. Vadybinis šios problemos suvokimas buvo žinomas jau seniai (Downey, Slocum 1975), kai buvo nustatyta, kad keturi pagrindiniai elementai, lemiantys bet kurios situacijos neapibrėžtumo suvokimą yra: suvokiamos aplinkos charakteristikos; individualūs pažinimo procesai; elgesio atsako šablonai ir socialiniai lūkesčiai. Tačiau Alessandri tyrimas ši požiūrį dar kartą pavertintino.

Rizikos kategorijos visada susijusios su tam tikro objekto veikla ir tikslu, kuris matuojamas pasiektu rezultatu. Pagrindiniai veiksniai, kurie formuoja objekto veiklos sąlygas yra ekonominiai, gamtiniai, socialiniai, ekologiniai apribojimai, konkurentų, partnerių ir suinteresuotų šalių veiksmai.

Bendras investicinių projektų realizavimas susijęs su kelių tipų rizika:

- nuosava projekto rizika, t. y. rizika, kad projekto realizacijos metu gaunami pinigų srautai labai skirsis nuo planuojamų;
- korporacine rizika, susijusia su projekto realizacijos daroma įtaka finansinei įmonės būklei;
- rinkos rizika, kylančia dėl projekto realizavimo poveikio, pasireiškiančio įmonės akcijų kainos pokyčiu (t. y. jos rinkos verte).

Dėl didelio rodiklių skaičiaus galimos ekonominės veiklos rezultatas tampa atsitiktiniu dydžiu, turinčiu savo pasiskirstymo funkciją ir parametrus.

## 1.5. Investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką sukuriama vertė, rizika ir suinteresuotos šalys

Darnios visuomenės kūrimas turi vykti kartu su ekonomikos augimu. AIE vystymas gali duoti teigiamą grąžą visuomenei ir pelną investuotojams, tačiau tai kartu kelia ir visą eilę klausimų: kokia nauda yra sukuriama visuomenei? Kokias sąlygas reikia sukurti investuotojams? Koks pelno ir rizikos santykis skatintų juos nukreipti lėšas į AIE sritį?

Kaip teigia Schwabe *et al.* (2011), institucijos ir ilgalaikiai investuotojai į AIE investuoja nenoromis dėl visos eilės rizikos faktorių neapibrėžtumo. Todėl rizika turėtų būti analizuojama, naudojant prieinamus duomenų šaltinius ir mažinama taikant atitinkamas kreditavimo bei investicijų apsaugos strategijas (Schwabe *et al.* 2011).

Kadangi AIE teikia ne tik ekonominę naudą, bet ir yra svarbus darnios visuomenės plėtros veiksnys, visuomenės supratimas ir palaikymas yra pripažįstami kaip kritiniai veiksniai sėkmingam tokių projektų įgyvendinimui (Firestone, Kempton 2007). Todėl, prieš nagrinėjant riziką, svarbu apsibrėžti AIE projektų kuriamos vertės komponentus ir suinteresuotas šalis, nes investicinio projekto sukuriama vertė ir investicijų į AIE rizikos veiksniai kiekvienai suinteresuotajai šaliai gali atrodyti skirtingi.

### 1.5.1. Vertės komponentai

Socialiniuose moksluose vertės sąvoka varijuoja nuo paprasčiausio kainos įvertinimo iki sudėtingai sukonstruotų apibrėžimų, atskiriančių vertę nuo kainos. Taigi ekonominė vertė paprastai gali būti išmatuota pinigų kiekiu, kurį individas sutinka mokėti už prekę ar paslaugą, arba kiekiu, kurį individas sutinka priimti kaip kompensaciją už prekės ar paslaugos atidavimą. Tačiau gamtinių išteklių vertė priklauso ne tik nuo to, ar jie yra fiziškai vartojami, bet ir nuo kitos naudos, kurią jie gali suteikti žmonėms (Ackerman, Heinzerling 2004; Sagoff 2008; Lenman 2000). Bendrosios ekonominės vertės atveju yra išskiriami du pagrindiniai vertės komponentai: naudojimo vertė ir nenaudojimo vertė (Crowards 1997). Atidėtos alternatyvos vertė paprastai yra išskiriama kaip trečias komponentas, kurį iš dalies galime priskirti tiek naudojimo, tiek ir nenaudojimo vertei. Tiesioginio naudojimo vertė siejama su prekėmis ir paslaugomis, kurias žmonės naudoja tiesiogiai.

Kadangi tiesioginės vertės komponentas yra lengviausiai išmatuojamas, jis linkęs dominuoti kitų vertės apibrėžimų atžvilgiu, o kai kurių gamtinių išteklių vertė beveik išimtinai yra siejama tik su tiesioginiu naudojimu. Daugelis gamtinių išteklių yra labai vertinami būtent dėl jų teikiamos tiesioginės naudojimo

vertės, tačiau pamirštant, kad tai tėra viena iš kelių šių išteklių teikiamos naudos pusių (Lazdinis, Naruševičius 2010).

Netiesioginė naudojimo vertė gali būti suprantama kaip vertė, teikianti ekonominę naudą, kuri nėra sumažinama ar pažeidžiama prekę ar paslaugą vartojant. Pavyzdžiui, vertinga yra ir tai, kas nebūtinai parduodama rinkoje: švarus oras, neužterštas vanduo ir pan. Šios vertybės pasižymi netiesioginio naudojimo verte, kuri dažnai lieka ekonominių svarstymų nuošalėje. Netiesioginio naudojimo vertė taip pat dažnai siejama su išplėstomis prekės ar paslaugos funkcijomis – pavyzdžiui, vandens telkiniai gali būti naudojami ne tik vandeniui ar žuvis auginti, bet ir vandens sporto pramogoms, poilsiui.

Nenaudojimo vertės sąvoką pirmą kartą 1967 m. pasiūlė John V. Krutilla (1967). Ją sudaro vertės, nesusijusios su esamu, būsimu ar potencialiu prekės ar paslaugos naudojimu. Nenaudojimo vertė skirstoma į atidėtos alternatyvos vertę, egzistavimo ir palikimo vertes.

Atidėtos alternatyvos vertę atspindi atsisakymas preke ar paslauga naudotis dabar tam, kad būtų galima ja pasinaudoti ateityje. Šią būsimos potencialios naudos koncepciją pirmą kartą apie 1964 m. suformulavo Weisbrod. Tipinis atidėtos alternatyvos vertės pavyzdys gali būti iliustruojamas draudimu – mokesčiu, kurį žmonės sutinka mokėti už galimybę tam tikra vertybe naudotis ateityje.

Egzistavimo vertę sudaro žinojimas, kad tokia prekė ar paslauga yra. Pavyzdžiui, žmonės sutinka mokėti už bioįvairovės išsaugojimą, nors gyvūnų buveinės yra sunkiai prieinamos teritorijose. Daugelis žmonių niekada nenukelia į šias teritorijas ir jų nepamatys, tačiau vertina vien tai, kad tokios rūšys egzistuoja.

Palikimo vertė (angl. *bequest value*) gaunama atsisakius naudotis vertybe dabar suvokiant, kad vertybė yra apsaugota arba tai sudarys galimybę šia vertybe naudotis ateities kartoms, t. y. mūsų palikuoniams. Pavyzdžiui, daugelis žmonių yra susirūpinę globaliu atšilimu ir sutinka mokėti už jo sumažinimą nepaisant to, kad ši gyventojų karta reikšmingų žalingų aplinkos pokyčių nepajus.

### 1.5.2. Socialinės ir ekonominės naudos vertinimo metodai

Aplinkos bei socialinių ir ekonominių sąlygų vertinimui yra sukurta visa eilė metodų, tokių kaip geografinė informacinė sistema (GIS), poveikio aplinkai vertinimas (angl. *Environmental Impact Assessment*, EIA), gyvavimo ciklo vertinimas (angl. *Life Cycle Assessment*, LCA), bio-ekonominė analizė, daugiakriterinė analizė arba daugiakriterinė sprendimo paramos analizė (angl. *Multi-criteria Decision Analysis*, MCDA), kaštų – naudos analizė (angl. *Cost-benefit Analysis*, CBA).

Iš visų šių išvardintų metodų socialinės ir ekonominės naudos įvertinimui dažniausiai taikomi CBA ir MCDA (Brekke 1997). Nors abu išskirti metodai remiasi kiekybiniais vertinimo būdais, tačiau, jeigu CBA metodas pirmenybę teikia monetariniam vertinimui, tai MCDA – balams ir svoriams.

CBA metodas. Nors kaštų-naudos analizės terminas plačiai naudojamas investicijų, projektų, sprendimo paramos sistemose, šis terminas neturi tikslaus standartinio apibrėžimo. Jis grindžiamas idėja, kad visos nagrinėjamo veiksmo teigiamos ir neigiamos pasekmės yra sumuojamos ir po to sveriamos, t. y. lyginamos vienos su kitomis. Be to, šis terminas neturi vieno, visuotinai sutarto žymėjimo. Literatūroje galima rasti: *cost benefit*, *cost/benefit*, *cost-benefit*, *benefit/cost*, ir kt. Lietuviškai jis tradiciškai vėrčiamas kaip kaštų-naudos analizė arba išlaidų-naudos analizė.

Iš tiesų po kaštų-naudos analizės pavadinimu slypi plati metodų grupė, tačiau versle dažniausiai taikomi investicijų grąžos, kitaip – atsiperkamumo analizė (angl. *Return on Investment*, ROI), finansinių rodiklių analizė, operacijų kaštų analizė (angl. *Total Cost of Ownership*, TCO), vidinės grąžos normos (IRR) analizė, ir kt.

Nors visi šie išvardinti kaštų-naudos analizės metodai naudojami siekiant numatyti nagrinėjamo veiksmo finansines ar kitas pasekmes verslui, bet jų skirtumai išryškėja, kai tenka:

- praktiškai apibrėžti, kas yra „kaštai“ ir „nauda“;
- nutarti, kuriuos kaštus ir naudą reikia įtraukti į skaičiavimus;
- pagrįsti, kuri finansinė metrika svarbi konkrečiu atveju planuojant ir priimant sprendimus.

Šiuolaikinės, monetarinėmis priemonėmis grindžiamos CBA teorijos, norą mokėti yra linkę laikyti svarbesniu kriterijumi nei rinkos kaina (Posner 2000; Adler, Posner 2006; Pearce *et al.* 2006), tačiau visgi dažnai, taikant šį metodą, tebenaudojamas rinkos kainų rodiklis. Tiesioginė rinkos kaina gali būti vertinama tik tada, kai egzistuoja gamtinių išteklių prekių ir paslaugų rinka. Stebint, kiek aplinkos prekių yra parduodama ir nuperkama įvairiomis kainomis, galima daryti išvadą apie tai, kaip žmonės vertina atitinkamas prekes. Prekių ir paslaugų kiekio padidėjimo nauda gali būti įvertinta pagal vykdomas rinkos transakcijas. Deja, gamtinių išteklių prekių ir paslaugų rinka dažnai neegzistuoja, todėl šiuo atveju vertėtų taikyti alternatyvius vertinimo metodus.

Netiesioginio naudojimo vertės arba kitaip – atskleistų preferencijų (AP) – metodai grindžiami iš stebimo vartotojų ar gamintojų elgesio daromomis išvadomis apie tai, kokią įtaką rinkoje nesančios prekės daro kitoms prekėms. Taikant AP metodus, naudojami pasirinkimų, kuriuos daro asmenys ar organizacijos tam tikrose susijusiose rinkose, duomenys. Netiesioginio naudojimo vertės (AP) metodų grupę sudaro: išlaidų, grynujų pajamų veiksniai (angl. *Net Factor*



*Income*), pakeitimo (atstatymo) kaštų (angl. *Replacement Cost*), išvengtos žalos (angl. *Damage Cost Avoided*), kelionės išlaidų (angl. *Travel Cost*), hedonistinių kainų (angl. *Hedonic Pricing*) ir kontingento vertinimo metodai (angl. *Contingent valuation*).

Pareikštų preferencijų metodai taikomi, atliekant gyventojų apklausas. Tokiu būdu yra siekiama išsiaiškinti gyventojų teikiamus prioritetus hipotetiniams pokyčiams, o informacija apie apklaustųjų prioritetus naudojama, siekiant nustatyti vertę, kurią žmonės suteikia nagrinėjamos prekės ir paslaugoms.

Per kelis pastaruosius dešimtmečius CBA metodas buvo papildytas – jį taikant pradėtas naudoti šešėlinių kainų kriterijus, Pareto optimalumo principu įvertinantis gyventojų norą mokėti tam tikrą kainą vietoj rinkoje nusistovėjusios prekės ar paslaugos kainos (Adler, Posner 2006). Autorių nuomone, programos, kurios maksimizuoja Pareto pagerėjimą, yra linkę maksimizuoti ir socialinę gerovę.

### 1.5.3. Vertė suinteresuotų šalių aspektu

Kita koncepcija, kuri išpopuliarėjo pastarųjų dešimtmečių vadybos teorijose, yra taip vadinamoji „suinteresuotųjų šalių“ (angl. *Stakeholders*, SH) koncepcija, kurią 1984 m. pasiūlė Freeman: organizacijos suinteresuota šalimi teorija laiko „bet kurią grupę ar individą, kurie gali paveikti ar būti paveikiami to, kaip organizacija siekia savo tikslų“ (Freeman 2010).

Ši koncepcija taip pat nėra vienareikšmiška – dėl jos iki šiol vyksta diskusijos. SH teorija į organizaciją žvelgia kaip į sudėtingą sistemą, dažniausiai išskirdama aprašomuosius, instrumentinius ir normatyvinius jos aspektus. Aprašomieji aspektai pabrėžia atskirų SH grupių interesus, instrumentiniai aspektai išryškėja tiriant SH tarpusavio ryšius ir jų derinimą, o normatyviniai pasireiškia įstatymiškai apibrėžtais SH interesais (Donaldson, Preston 1995). Taigi SH teorija padeda ne tik apibrėžti organizacijos tikslus, bet ir tiria, kaip galima derinti SH grupių interesus (Evan, Freeman 2005).

Pagal SH teoriją išskiriamos penkios SH grupės: savininkai (akcininkai), darbuotojai, vartotojai, tiekėjai ir visuomenė plačiąja prasme. Visos šios grupės laikomos svarbiomis organizacijos išlikimui ir veiklai. Viena iš vadybinių problemų nustatant kiekvienos SH svarbumą konkrečiu atveju – nutarti, kokie svarbiai turėtų būti suteikti kiekvienos grupės interesams ir kurios iš šių grupių interesai yra prioritetiniai. Tokiu atveju bendroji vertė gali būti apibrėžiama kaip skirtingų SH grupių verčių funkcija:

$$GV = f(v_1, v_2, \dots, v_k). \quad (1.4)$$

Čia  $GV$  yra bendroji vertė, o  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , žymi vertes atskiroms SH grupėms. Akivaizdu, kad  $GV$  yra suminis dydis, o funkcijos (1.4) išraiška turėtų būti tiesinė, tačiau iš tiesų verčių svoriai skirtingoms grupėms gali skirtis. Pavyzdžiui, jeigu poveikis aplinkosaugai yra didesnis, tai ir šio svoris turėtų būti didesnis nei poveikio elektros energijos kainai svoris. Tokiu atveju bendrąją vertę galima apibrėžti kaip skirtingų verčių su skirtingais svoriais sumą:

$$GV = \sum_i^k \lambda_i v_i - v^* . \quad (1.5)$$

Čia  $i$  – žymi SH grupę,  $k$  – grupių skaičių,  $v_i$  – vertė  $i$ -tajai grupei,  $\lambda_i$  –  $i$ -tosios grupės svorį, o  $v^*$  – persidengiančių verčių sumą, nes skirtingoms grupėms ta pati vertė gali būti priskirta kelis kartus. Pavyzdžiui, vėjo energija mažina oro taršą taip kurdama pridėtinę vertę visuomenei, be to, gamintojai gauna papildomas pajamas iš taršos mažinimo vienetų (TMV) prekybos, todėl ši vertė gali būti susumuota du kartus.

Remiantis (1.5) išraiška galime įvertinti AIE projektų sukuriamą vertę suinteresuotoms šalims. Nors elektros energijos gamyba ir skiriasi nuo standartinių verslo rūšių, tačiau suinteresuotos šalys iš esmės išlieka panašios. Elektros energijos sektoriuje galima išskirti šias SH: šalies ūkis, gamintojai (investuotojai), vartotojai, tiekėjai ir visuomenė.

Investuotojai gali būti suprantami kaip projekto vystytojai, kurie organizuoja vėjo jėgainių parko statybas ir eksploatuoja šį parką visą laikotarpį. Todėl AIE sukuriamą vertę investuotojams galima apibrėžti paprastai – per ateities pinigų srutus.

Vartotojai – didžiausi elektros energijos vartotojai yra juridiniai asmenys, kurių pagrindinis interesas yra kuo žemesnė elektros energijos kaina. Todėl AIE projektų sukuriamą vertę vartotojams galima įvertinti per elektros energijos kainų pokyčius.

Visuomenė – AIE projektų sukuriamą vertę visuomenei galima apibrėžti per aplinkosauginę prizmę bei per šių projektų dėka sukuriamas naujas darbo vietas. Kita vertus, sukuriamų darbo vietų naudą visuomenei kiekybiškai įvertinti yra labai sudėtinga: ji priklauso nuo to, kokia dalis tenka valstybei, kurioje yra įgyvendinamas projektas, kas vykdys techninę priežiūrą bei kiek darbo vietų bendrai planuojama sukurti. Todėl šiame straipsnyje naujų darbo vietų nauda vertinama nebus.

Tiekėjai – juridiniai asmenys užsiimančys elektros energijos tiekimo veikla. Tiekėjams yra svarbu, kad elektros energijos kaina biržoje svyruotų kuo mažiau. Atsinaujinančius išteklius naudojančios generatoriai dėl energijos iš jų gamybos nepastovumo dažniausiai daro neigiamą poveikį elektros energijos sistemai, elektros energijos kainos stabilumui bei reikalauja papildomo rezervo. Tačiau ši

poveikį sunku išmatuoti, nes, AIE sudarant tik nedidelę dalį gamybos, tai ryškių papildomų kaštų beveik nesukelia, tačiau tokios energijos kiekiui santykinai didėjant darosi sunkiau balansuoti sistemą ir užtikrinti rezervą.

Šalies ūkis – šiuo atveju, kaip vieną iš suinteresuotų pusių yra valstybė, kurios vertė suvokiama per poveikį šalies ūkiui. Vėjo energetikos vystymas turi sisteminių poveikį ekonomikos vystymuisi, nes tai veikia užsienio prekybą, kuria naujas darbo vietas, vysto technologijas, skatina gamybą ir panašiai. Šalies ūkiui sukuriama vertė yra sudėtinga įvertinti, nes tai priklauso nuo labai daug sunkiai įvertinamų faktorių. Pavyzdžiui, poveikis užsienio prekybai ir pramonei priklauso nuo to, ar naudojamos technologijos yra vietinės gamybos ar importuojamos, sukuriamų darbo vietų skaičius priklauso nuo to kas vykdytų projekto priežiūrą ir panašiai. Be to, bendras poveikis nėra vienkartinis impulsas ir turėtų būti nagrinėjamas kaip tęstinis poveikis, kuris priklauso nuo šalies ūkio specifikos.

SH grupių aibė negali būti tiksliai apibrėžta ir iš esmės priklauso nuo konkretaus uždavinio. Skirtingai formuluojant uždavinius galima išskirti daugiau SH grupių arba atvirkščiai dalį grupių apjungti. Vertinant investicijų į AIE sukuriamą vertę iš rizikos veiksnių perspektyvos toks SH grupių skaidymas gali būti neoptimalus ir SH grupių skaičius gali pasikeisti.

## **1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas**

1. Nors pagal egzistuojančias tvarios plėtros koncepcijas gamtos išteklių išsaugojimo ateities kartoms svarba gali skirtis, tačiau, nepriklausomai nuo taikomos koncepcijos, AIE vaidina vieną pagrindinių vaidmenų įgyvendinant užsibrėžtus tikslus. AIE vaidmuo, siekiant užtikrinti tvarią plėtrą, priklauso nuo geografinės padėties, ekonominių sąlygų, socialinės struktūros, institucinės veiklos ir egzistuojančios infrastruktūros, todėl kiekvienos valstybės atveju yra svarbu nustatyti AIE technologijų socialinį, ekonominį ir aplinkosauginį poveikį ir įvertinti skirtingoms sferoms kylančias rizikas.
2. Atlikta mokslinių šaltinių analizė parodė, kad AIE projektų rizikos yra sietinos su dviem pagrindiniais rizikos šaltiniais: pirma, nepilna ar netiksli informacija apie įvairių parametų reikšmės duotuoju momentu ir jų dinamika laike, antra, kai kurių parametų tikimybine prigimtimi arba priklausomybe nuo atsitiktinių įvykių.
3. AIE paramos mechanizmų analizė parodė, kad pasaulyje yra taikomi įvairūs AIE rėmimo mechanizmai: FIT (žalieji tarifai), mokesčių lengvatos, kvotų sistema, nuolaidų ir dotacijų sistema, konkursų ir

dotacijų sistema bei įvairūs jų variantai. Lietuvoje naudojama FIT sistema yra plačiausiai ES ir pasaulyje plačiausiai naudojamas AIE paramos mechanizmas, kuris vertinamas kaip investuotojui mažiausiai rizikingas.

4. Investicijų į AIE rizika tiesiogiai priklauso nuo naudojamos technologijos ir taikomo paramos mechanizmo. Tik AIE projektams būdingus specifinius rizikos veiksnius galima suskirstyti į dvi grupes – su technologijomis susiję rizikos veiksniai ir su politiniais sprendimais susiję rizikos veiksniai. Technologine rizika kyla dėl AIE stochastinės prigimties, o politinė rizika siejama su taikoma paramos schema ir jos galimu pasikeitimu. Kadangi skirtingų suinteresuotų šalių išskiriamos rizikos veiksnų grupės, rizikos poveikio lygiai bei šaltiniai skiriasi, klasikinės rizikos vertinimo metodikos ir metodai gali būti taikomi, tik juos modifikavus ir atitinkamai adaptavus AIE projektų rizikai nagrinėti.
5. Nors mokslinė literatūra pateikia įvairias rizikos analizės ir valdymo metodų koncepcijas, daugeliu atveju išskiriami du pagrindiniai rizikos vertinimo lygmenys: rizikos analizė ir rizikos poveikio įvertinimas. Šie lygmenys apima konkrečių rizikos lygių identifikavimą, pagrindinių rizikos veiksnų nustatymą ir ryšių tarp tam tikro įvykio pasirodymo galimybės bei to pasirodymo pasekmių numatymą.
6. Kaip rodo teoriniai ir empiriniai tyrimai, suinteresuotų šalių elgesys ir jų interesų konfliktai taip pat prisideda prie bendro neapibrėžtumo lygio, todėl suinteresuotoms šalims aktualios skirtingos rizikos šaltinių aibės skiriasi. Bendrai energetikos rizikos šaltinių aibę sudaro: finansinė rizika, eksploatacinė rizika, reguliavimo rizika, technologinė rizika, rinkos rizika, įstatyminė rizika, mokesčių rizika ir kt. Dėl didelio rizikos šaltinių aibės tūrio ir aibės elementų multikolinearumo bendroji rizika tampa tikimybine rizikos elementų funkcija, turinčia tam tikrą tikimybinių skirstinį.
7. Suinteresuotų šalių teorija išskiria kelias suinteresuotų šalių grupes: investuotojus (akcininkus), finansuotojus (kreditorius), vartotojus, darbuotojus, tiekėjus, visuomenę. Atlikta analizė parodė, kad, esant bendrai AIE projektų rizikos šaltinių aibei, trijų pagrindinių suinteresuotų šalių (investuotojo, finansuotojo ir viešojo sektoriaus) išskiriamos rizikos veiksnų grupės ir rizikos lygiai iš esmės skiriasi.

Remiantis atliktos literatūros analizės išvadamis, buvo suformuluoti tokie disertacijos uždaviniai:

- Atskleisti atsinaujinančių išteklių energetikos plėtros prielaidas ir priežastis, lemiančias investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką sukuriamą vertę ir rizikos suinteresuotoms šalims šaltinius.
- Išnagrinėti rizikos ir neapibrėžtumų sampratas bei jų tarpusavio ryšį, sukuriamą įvairių neapibrėžtumo lygių spektrą ir išanalizuoti investicinės rizikos vertinimui taikomų rizikos analizės metodų savybes.
- Panaudojant kokybinių ir kiekybinių tyrimo metodų sintezę, sukurkti investicijų rizikos vertinimo metodiką, pritaikytą atsinaujinančių išteklių energetikos projektų specifikai.
- Patikrinti sukurtos investicijų rizikos vertinimo metodikos savybes ir jos pagrįstumą, sudarant investicijų į Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimo modelį ir įvertinant jo parametrus.



---

## **Rizikos vertinimo metodologiniai principai, metodų taikymo sritys ir ypatybės**

Norint įvertinti konkretaus investavimo projekto riziką, reikia nustatyti rizikos tipus ir pasirinkti rizikos matavimo būdus. Skirtingų rizikos tipų matavimui ir vertinimui tradiciškai taikoma visa eilė matematinių (kiekybinių) metodų ir būdų. Tačiau dėl specifinių šių metodų savybių ir apribojimų pastaraisiais dešimtmečiais vis plačiau taikomos ir kitos metodų grupės: kokybiniai ir mišrūs metodai.

Reikia pažymėti, kad šie metodai ne pakeičia, o papildo vienas kitą, o jų kompleksinis taikymas užtikrina ir tikslesnį rizikos vertinimą. Priklausomai nuo analizuojamos situacijos, vienais atvejais geriau tinka kokybiniai metodai, kitais – kiekybiniai. Dažniausiai kiekybiniai metodai taikomi nagrinėjamo investicinio projekto rizikos tipų identifikavimui, o taip pat priežasčių ir veiksnių, kurie veikia tam tikros rūšies riziką, analizei. Kokybinės analizės pagrindą sudaro galimų įvykių, jų priežasčių ir pasekmių loginė analizė, ji taikoma galimo nuostolio pagrindimui, jo įvertinimui ir galimų rizikos mažinimo priemonių sąrašo sudarymui. Nors kokybiniai metodai neleidžia tiksliai nustatyti skaitinės investicinės

rizikos reikšmės, jie sudaro pagrindą tolesniam tyrimui, kuriame toliau gali būti taikomi kiekybiniai metodai.

Kiekybiniuose rizikos tyrimuose plačiai taikomi tikimybių teorijos, matematinės statistikos, operacijų tyrimo metodai. Kiekybinė analizė taikoma rizikos veiksnių, sričių, tipų nustatymui ir klasifikavimui, jų priežasčių identifikavimui, galimų negatyvių pasekmių įvertinimui ir galimų nuostolių išmatavimui bei minimizavimui (Frame, 2003; Smitt, Bierman, 1992; Kurowski, Sussman, 2011). Pagrindinis kiekybinių tyrimo uždavinys – kiekybiškai (skaitiškai) išmatuoti rizikos veiksnus ir įvertinti jų poveikį investicinio projekto efektyvumui.

Stiprioji kokybinių metodų pusė yra ta, kad jie gali būti taikomi nuo pat proceso pradžios, t. y. nuo projekto koncepcijos sukūrimo. Pagrindiniu jų trūkumu gali būti įvardijamas subjektyvumas, t. y. tai, kad rizikų vertinimas ir rangavimas nėra grindžiamas teorine metodika: pavyzdžiui, dažniausiai taikomas ekspertinis vertinimas intuityviai priskiria vieniems rizikų tipams didesnę svarbą nei kitiems. Kokybinių kintamųjų patikimumo padidinimui taikomi kiekybiniai struktūrizacijos (svertiniai) metodai, kuriais kintamiesiems priskiriamos atitinkamos vertės (svoriai).

Kai analizei kokybiniai metodai jungiami su kiekybiniais, gaunami mišraus tipo metodai. Šie metodai (kokybiniai – kiekybiniai) taiko matematinės operacijas, padedančias išreikšti ekspertinius vertinimus balais arba prioritetais. Jų stiprioji pusė – prioritetų suteikimas kokybiniais įverčiams, silpnoji – ribotos taikymo galimybės. Šios analizės rezultatai yra arba rizikos tipų prioritetai, arba rizikos priskyrimas vienai iš apibrėžtų kategorijų (labai didelė, didelė ir t.t.). Rizikos analizei taikant mišrius metodus, galutinis rezultatas turi kiekybinę išraišką, t. y. investicinio projekto kokybinė analizė apima ne tik įvairių rizikos rūšių identifikavimą ir aprašymą, rizikos atsiradimo priežasčių analizę, galimų jų atsiradimo pasekmių įvertinimą ir pasiūlymus išaiškintų rizikos rūšių minimizavimui, bet ir priemonių, skirtų rizikai minimizuoti, monetarinę išraišką.

Standartinė rizikos analizė yra daugiau formalizuota – čia taikomi ir kokybiniai, ir kiekybiniai analizės metodai: paprastoji rizikos analizė (*Coarse Risk Analysis*), HAZOP (*Hazard And Operability Study*), gedimų rūšių ir pasekmių analizė (*Failure Modes Effect Analysis*), rizikos matrica. Sudėtingiausia yra modeliais pagrįsta rizikos analizė, kurioje pirmenybė teikiama kiekybiniais ir mišriems rizikos analizės metodams: tikimybinei analizei, sprendimų medžių metodui, scenarijų metodui ir kt.

Apibendrinant galima išskirti tokias pagrindines rizikos analizės metodų grupes: tikimybinė analizė, ekspertinio vertinimo metodas, analogijų metodas, ribinio lygio rodiklių analizė, jautrumo analizė, scenarijų metodas, sprendimų medis, imitacinis modeliavimas (Monte Carlo metodas).

Vienaip ar kitaip, atskiro investicinio projekto rizikos analizės metodo parinkimas priklauso nuo eilės veiksnių: projekto apimties, susijusios informacijos



pilnumo ir patikimumo, reikalavimo analizės išsamumui, projekto patikimumo laipsnio ir kt.

Šio skyriaus tematika paskelbtos dvi autoriaus mokslinės publikacijos (Burinskienė, Rudzkis, Kanopka 2014; Jankauskas, Kanopka, Rudzkis 2014).

## 2.1. Kokybiniai rizikos vertinimo metodai

Analizės metodų parinkimas priklauso nuo atliekamos analizės išsamumo siekio (Avent 2008; Tamošiūnienė *et al.* 2006). Pagal savo savybes visi įžvalgų metodai gali būti skirstomi į tris stambias grupes: kokybinius, kiekybinius ir mišrius. Didelis ateities neapibrėžtumas sąlygoja tai, kad darant įžvalgas plačiai taikomi kokybiniai metodai. Pavyzdžiui, pasaulio mastu 2008 m. plačiausiai buvo taikomi tokie metodai (EFMN 2009): literatūros apžvalga, ekspertinis vertinimas ir scenarijų metodas, o šie savo ruožtu priskiriami kokybinių metodų grupei. Toks platus kokybinių metodų taikymas yra susijęs su tuo, kad, darant ateities įžvalgas, ne tik vertinama aplinka ir numatomos tendencijos, bet ir svarbu kūrybiškai (subjektyviai) jas interpretuoti.

Atliekant supaprastintą rizikos analizę pirmenybė teikiama kokybiniam rizikos vertinimo metodams, tad dažnai taikomi grupinio ekspertinio vertinimo būdai. Rizikos vertinimui taip pat taikomos standartinės skalės, tokios kaip Likerto, semantinė diferencialinė, ir kt. Bendra kokybinio tyrimo metodologija išskiria tris nuoseklias tyrimų fazes:

- nagrinėjamo projekto rizikos identifikavimas ir priežasčių bei faktorių, turinčių įtakos atskiroms rizikos rūšims, aprašymas;
- galimų rizikos pasekmių analizė ir jų kaštų vertinimas;
- anti-rizikos matų nustatymas ir analizė, jų kaštų įvertinimas.

Kaip buvo minėta anksčiau, rizika daugiausia susijusi su ateities neapibrėžtumu, todėl ją vertinant galime pasiremti ateities įžvalgų darymo metodais. Dėl pasaulyje didėjančio neapibrėžtumo didėja ir tendencijų nestabilumo rizika, todėl subjektyvus tikimybinis ateities įvykių numatymas tampa vis svarbesnis (Ascher, Overholt 1983). Įžvalgų metodai taikomi galimų pokyčių, būsimų procesų tyrimuose bei technologijų ir socialinių sistemų srityse (Burinskienė ir Rudzkienė 2009). Kaip rodo literatūros ir praktinių taikymų analizė, labai tolimų ateities įžvalgų prognozės dažnai pasirodo esančios netikslios, pasitaiko klaidų numatant kritinius atvejus bei pasigendama išsamesnio metodologinio įžvalgų metodų taikymo pagrindimo.

Ir moksliniams tyrimams, ir praktiniam prognozavimo taikymui skirtoje literatūroje galima rasti diskusijų apie ateities įžvalgoms kurti taikomus metodus.

Šių metodų pasirinkimą lemia visa eilė veiksnių: išorinės ir vidinės aplinkos analizė, intuicija, ankstesnė patirtis, o kartais – tokios patirties trūkumas.

Skirtingai nuo kiekybinių, kokybiniai metodai nesistengia rizikos tikėtinumo lygio ar jos poveikio išreikšti tikslių skaičių pagalba. Iš kokybinių metodų mokslininkai rekomenduoja taikyti klausimynus, fizinę apžiūrą, eksploatacinius įrašus, blokines schemas, įvykių medžius (ISO 2009), taip pat scenarijus, tikėtinų poveikių matricą, atributų analizę, Delfi metodą (Frame 2003). Pradinei veiksnių aibei sudaryti dažniausiai taikomi įvairūs ekspertinio tyrimo metodai – tiek grupiniai (Delfi, diskusijų, smegenų šturmo), tiek ir individualūs, tokie kaip apklausos, interviu ar porinio sulavinimo metodai.

Pagrindinis kokybinės rizikos analizės tikslas – nustatyti nagrinėjamo investicinio projekto didelio, vidutinio ir mažo reikšmingumo riziką bei paruošti informaciją vėlesniems rizikos vertinimo etapams. 2011 metais atliktas tyrimas (Economist Intelligence Unit 2011) parodė, kad svarbiausios AIE projektų rizikos rūšys yra finansinė (76 %), politinė ir reguliavimo (62 %), susijusios su oro sąlygomis (66 % respondentų iš vėjo energetikos srities), o išplėstinį rizikos veiksnių sąrašą galima rasti Cleijne, Ruijgrok darbe (2004).

Kaip jau buvo minėta, rizikos samprata ir jos dydis skirtingoms suinteresuotoms šalims gali atrodyti labai skirtingi. Pavyzdžiui, įgyvendinant ilgalaikis privataus verslo ir viešojo sektoriaus partnerystės verslo projektus, šiems dviem sektoriams aktualios rizikos rūšys skiriasi iš esmės (Jones 2012; Weber 2010; World Bank 2004).

Daugeliu AIE projektų atvejų veikia trys pagrindinės suinteresuotosios šalys: viešasis sektorius (valstybė), finansuotojas ir investuotojas. Todėl šioje disertacijoje kiekviena išskirta rizikos rūšis nagrinėjama iš šių trijų suinteresuotųjų šalių pozicijų:

Rizika iš viešojo sektoriaus (valstybės) pozicijų. Kadangi daugeliu atvejų AIE nėra konkurencinga rinkoje, siekiant skatinti jos panaudojimą ir pritraukti investicijas į šį sektorių, būtina mažinti investavimo riziką. Todėl pastaraisiais metais ES šalyse buvo diegiamos paramos schemos, mažinančios investavimo riziką ir taip pritraukiančios potencialius investuotojus. Viešojo sektoriaus rizikai įtakos turi politiniai pokyčiai, prastėjanti ekologinė aplinka ir visuomenei nepriimtini investicinių projektų rezultatai.

Finansuotojo požiūriu, investicinio projekto rizika pirmiausia susijusi su valstybėje vykstančių ekonominių procesų teisiniu reguliavimu ir administraciniu valdymu. Politinės situacijos pokyčiai ir naujovės gali sustabdyti arba padaryti neįmanomu investicinio projekto realizavimą jau jo planavimo stadijoje arba vėlesnėse finansavimo bei realizavimo stadijose. Kadangi žvelgiant iš finansuotojo (komercinių bankų ir kitų finansinių institucijų) pozicijų svarbiausia kreditavimo sąlyga yra patikimas ilgalaikis kreditavimas, tai finansuotojui svarbu,

kad valstybės sukuriamos paramos schemos pasižymėtų kuo mažesne politine ir teisine rizika.

Investuotojo požiūris. Investicijos į AIE sektorių rizikingos ir sunkiai atsi-perkančios. Investuotojui yra svarbi ir viešojo sektoriaus sukuriamą riziką, ir finansuotojo riziką, tačiau čia prisideda dar kitos rizikos rūšys, pavyzdžiui, tiesiogiai susijusios su projekto įgyvendinimu. Čia labai didelę reikšmę turi su-brangovų patikimumas, efektyvus valdymo užtikrinimas, tinkama kokybės val-dymo sistema, savikainos stabilumas, standartų ir normatyvų išpildymas.

Lietuvos AIE projektų atveju buvo išskirtos 8 rizikos veiksnių grupės, ku-rios įvardijamos kaip reikšmingos vertinant ir minimizuojant investavimo riziką, tai yra: plėtros ir statybos, politinės aplinkos, nuomonių, rinkos, reguliavimo, finansinė, aplinkos ir su oro sąlygomis susijusi rizika. Kiekvieną iš šių veiksnių grupių sudaro nuo 1 iki 7 veiksnių, tad viso buvo išskirti 25 rizikos veiksniai (2.1 lentelė).

**2.1 lentelė.** Atsinaujinančių išteklių energetikos rizikos tipai ir veiksniai  
(šaltinis: autorius)

**Table 2.1.** Renewable energy project risk types and factors (source: author)

Rizikos tipas	Rizikos veiksniai
Plėtros ir statybos rizika (projektavimo ir įdie-gimo metu kylanti dėl tarpininkų ir subrangovų)	1. Informacijos apie technines (eksploatacines) įrenginių charakteristikas trūkumas
	2. Informacijos apie aplinkos savybes (vėjo greitį, saulės intensyvumą ir pan.) trūkumas
	3. Dideli technologijų patikimumo skirtumai priklauso-mai nuo gamintojų kokybės kontrolės
	4. Vėlavimas priduoti objektą
	5. Prasta darbų kokybė
Politinės aplinkos rizika	6. Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai
	7. Išoriniai (lokalūs, regioniniai ar globalūs) pokyčiai, sukeliantys ryškius nacionalinės ekonomikos pokyčius
	8. Išoriniai pokyčiai, sukeliantys politinį ir atskiros sri-ties ar makroekonominio lygio nestabilumą.
Nuomonių rizika	9. Viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas
Rinkos rizika (kylanti dėl pokyčių	10. Eksploatacinė
	11. Paklausos svyravimai

2.1 lentelės pabaiga

rinkoje, kurioje parduodamas produktas)	12. Labai spartus technologijų vystymasis ir su tuo susijęs įrenginių kainos kitimas
	13. Energijos rinkos kainų kritimas
	14. Bankroto nepasibaigus kontraktui rizika
Reguliavimo rizika (projekto išorinė rizika, keliamą vyriausybės ar kitų oficialių institucijų veiksmų)	15. Atsinaujinančios energijos politikos pokyčiai
	16. Specifiniai reguliavimo pokyčiai
Finansinė rizika	17. Finansinės paramos sumažinimas
	18. Galimybė gauti finansinę paramą projektui
	19. Galimybė gauti bankinį projekto finansavimą
	20. Infliacija, valiutų kainų pokyčiai
	21. Sutarčių pažeidimai
	22. Skolinimosi sutarčių pažeidimai
	23. Mokesčių pokyčiai
Rizika, susijusi su oru sąlygomis	24. Gaminamos energijos kiekio sumažėjimas priklausomai nuo vėjo ar saulės trūkumo
Aplinkos rizika	25. Atsakomybė už padarytą žalą aplinkai

## 2.2. Kiekybinių rizikos vertinimo metodų klasės, tikslumas ir pagrįstumas

Kiekybiniai rizikos vertinimo metodai ir investicijų grąžos (pelno) modeliai yra vienos pagrindinių finansinių priemonių, padedančių įvertinti, ar rengiami projektai apsimokės. Taikant šiuos metodus siekiama maksimizuoti tyrimo objektyvumą, patikimumą ir išvadų tikslumą, o socialiniuose moksluose kiekybiniai tyrimai taip pat taikomi ir ateities prognozavimu (Harwell 2011). Kiekybiniai tyrimo metodai tradiciškai siejami su duomenų rinkimu ir analize: duomenų rinkimui sukurti įvairūs kiekybiniai metodai ir instrumentai, taikomi bandymams ar apklausoms, o surinktų duomenų analizė atliekama naudojant tikimybių teorijos ar statistinius metodus. Socialiniuose moksluose griežtas kiekybinių tyrimo metodų apibrėžimas yra kiek komplikotas. Pagal klasikinę tradiciją kiekybiniai tyrimai yra siejami su tam tikromis sąlygomis atliekamais eksperimentais, iš kurių surinkti duomenys panaudojami ryšių tarp priklausomų ir nepriklausomų kintamųjų identifikavimui ar daugiamatei statistinei analizei atlikti (Kempthorne

1952; Winer 1962; Dhaene *et al.* 2006). Tačiau pastaruoju metu kiekybinių tyrimų sąvoka išsiplėtė ir dabar įtraukia duomenų rinkimo ir patikimumo vertinimą, teorinių perspektyvų ar modelių formulavimą, gautų rezultatų ir interpretacijų patikimumo vertinimą (Crotty 1998; Creswell 2003; Pedhazur, Schmelkin 1991; Shadish *et al.* 2002). Rizikos tyrimuose kiekybinė analizė dažniausiai taikoma rizikos veiksnių, sričių ir tipų nustatymui bei klasifikavimui, jų priežasčių identifikavimui, galimų negatyvių pasekmių įvertinimui ir galimų nuostolių išmatavimui bei minimizavimui atlikti (Frame 2003; Smidt, Bierman 1992; Kurowski, Sussman 2011).

Ateities neapibrėžtumas yra esminis veiksnys, lemiantis investicijų rizikos vertinimo sudėtingumą. Jeigu į riziką žiūrėsime kaip į galimybę (tikimybę) patirti nuostolius, susidarančius dėl to, kad investicinis sprendimas priimamas neapibrėžtoje heterogeninėje aplinkoje, tai tokia galimybė gali kilti dėl dviejų pagrindinių priežasčių: išorinės aplinkos pokyčių (nenumatytų ar sunkiai nuspėjamų įvykių) ar projekto įgyvendinimo pokyčių (prognozuojamų rodiklių sklaida). Dėl tikimybinės neapibrėžtumo prigimties vienas iš dažnai taikomų kiekybinių rizikos analizės metodų – tikimybinė analizė. Kadangi rizika pasireiškia labai įvairiais pavidalais, tai ir jos vertinimui taikomas platus tikimybinių metodų spektras. Be to, vertinant riziką būtina atsižvelgti ir į individualią toleranciją rizikai, kuri pateikiama indiferentiškumo arba naudingumo kreivėmis.

Skirtinguose rizikos analizės žingsniuose taip pat gali būti taikomi skirtingi metodai ar jų deriniai. Pavyzdžiui, sudarant verslo planą pasiteisina tokie kiekybiniai ar mišrūs metodai kaip tikimybinė ir statistinė analizė, priežasčių-pasekmių analizė, diskonto normos korekcija, jautrumo analizė, scenarijų analizė (dažniausiai bent 4–6 projektiniai scenarijai).

### 2.2.1. Tikimybiniai ir statistiniai rizikos vertinimo metodai

Dažniausiai naudojami kiekybiniai rizikos vertinimo metodai yra išplėtoti tikimybių teorijos ir statistikos pagrindu, pavyzdžiui: standartinis nuokrypis su visa eile modifikacijų, rinkos rizikos vertės, ekstremalių reikšmių, kvantilių regresijos metodai remiasi panašiomis prielaidomis (Zhou, Portnoy 1996; Davis, Dunsmuir 2007).

Standartinis nuokrypis. Dėl jo paprastumo, tai yra vienas iš dažniausiai taikomų rizikos vertinimo matų. Pagrindinė tokio vertinimo idėja ta, kad standartinis nuokrypis matuoja kintamumą: kuo labiau pelno ar akcijų grąža gali nukrypti nuo vidurkio, tuo didesnė investicijų rizika. Standartinis nuokrypis investuotojams suteikia tikslios informacijos apie tai, kaip nagrinėjamu laiko periodu tiriami rodikliai svyravo apie savo vidutines reikšmes. Remiantis šia informacija sprendžiama apie galimą ateities riziką – išskiriama didelė ir maža rizika, įverti-

nami jos lygiai. Diskrečiu atveju standartinis nuokrypis yra nuokrypio nuo vidurkio sklaidos matas:

$$SD = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} (x_i - \mu)^2}. \quad (2.1)$$

Čia  $SD$  yra standartinis nuokrypis,  $x_i$  – nagrinėjamo rodiklio reikšmės, o  $\mu$  – vidurkis. Didelė standartinio nuokrypio reikšmė demonstruoja didelę sklaidą apie vidurkį, kas reiškia aukštą rizikos lygį, ir atvirkščiai – maža standartinio nuokrypio reikšmė parodo nedidelį rizikos lygį.

Minimali toleruotina grąža (angl. *Minimum Acceptable Return*, MAR). Šis metodas yra viena iš standartinio nuokrypio modifikacijų. Standartinis nuokrypis nukrypimus nuo vidurkio vertina neatsižvelgiant į tai, ar jie yra į teigiamą ar neigiamą pusę. Tuo tarpu investicijų rizikai įvertinti yra svarbesni neigiami nuokrypiai – nuostoliai, t.y mažesnis pelnas. MAR metodas iš esmės yra analogiškas standartinio nuokrypio skaičiavimui, tačiau jis vertina tik neigiamus nuokrypius į apačią nuo pasirinktos toleruotinos investicijų grąžos.

Sharpe koeficientas (angl. *Sharpe Ratio*). Sharpe koeficientas yra vienas geriausiai žinomų rizikos vertinimo metodų. Jį taip galima laikyti viena iš standartinio nuokrypio modifikacijų, tačiau jis dar papildomai atsižvelgia ir į minimalios rizikos investicijų grąžą.

$$\text{Sharpe koef.} = \frac{\text{Investicijų grąžos vid.} - \text{nerizikingų investicijų grąža}}{\text{Standartinis nuokrypis}}. \quad (2.2)$$

Sharpe koeficientas dažniausiai naudojamas kelių alternatyvų palyginimui. Kadangi jis paremtas pelningumo ir rizikos santykiu, iš esmės jį galima laikyti tam tikru investicijų efektyvumo matu. Sharpe koeficientas atsižvelgia į nerizikingų investicijų grąžą, kuri dažnai apsibrėžiama kaip valstybinių obligacijų pelningumas, todėl jis taip pat plačiai naudojamas investicijų rizikos skirtingose valstybėse palyginimui.

Sortino koeficientas. Šis koeficientas yra Sharpe koeficiento modifikacija. Jeigu Sharpe koeficiento skaičiavime naudojamas standartinis nuokrypis, tai Sortino koeficiente standartinis nuokrypis pakeičiamas tik neigiama deviacija, t. y. jis vertina tik nuokrypius į apačią, ignoruodamas teigiamus nuokrypius.

Omega koeficientas. Šis koeficientas yra susijęs su tikimybe pasiekti tam tikrą konkrečią (pavyzdžiui, minimalią toleruotiną) investicijų grąžą. Apsibrėžus norimą investicijų grąžos lygį tikėtinos ateities reikšmės yra padalinamos į du skirstinius – tenkinančius užsibrėžtą investicijų grąžos reikšmę ir jos netenkinančius. Tuomet koeficientas apskaičiuojamas kaip šių dviejų akumuliuotų tikimybių santykis. Kuo didesnė Omega koeficiento reikšmė, tuo didesnė ir tikimybė pasiekti ar viršyti užsibrėžtą investicijų grąžą.

Didžiausio nuostolio analizė. Didžiausio nuostolio analizė vertina tai, koks gali būti didžiausias tikėtinas investicijų nuostolis. Šis metodas dažniausiai yra

paremtas istoriniais duomenimis ir analizuoja investicijų vertės kritimo periodus iki tol, kol jie sugrįžta į pradinę vertę.

Calmar ir Sterling koeficientai. Abu šie koeficientai yra paremti tam tikro laikotarpio (dažniausiai 3 metų) vidutinės investicijų grąžos ir didžiausio nuostolio periodo santykiu. Jų apskaičiavimui, kaip ir didžiausio nuostolio analizės atveju, yra būtini istoriniai duomenys, o šiuos koeficientus galima vertinti kaip didžiausio nuostolio analizės modifikaciją.

### 2.2.2. Rinkos rizikos vertės apskaičiavimo metodai

Nuolatinis globalizacijos procesas ir pastarųjų dešimtmečių finansų rinkų nestabilumas paskatino naujų rizikos matavimo metodų kūrimą ir senųjų tobulinimą. Viena iš naujesnių metodų grupių yra rinkos rizikos vertės (angl. *Value-at-risk*, VaR) apskaičiavimo modeliai. Šiuo metu rizikos vertės metodai yra vieni iš plačiausiai taikomų finansinės industrijos rizikos vertinimo būdų, kurie yra skirti rizikos vertės matavimui, o tiksliau – rizikos, kad rinkos vertė gali sumažėti dėl pasikeitusių akcijų ar prekių kainų, palūkanų normų, valiutų kursų ar kt., įvertinimui. VaR modeliai apjungia kelis vertės rizikos komponentus į vieną kiekybinę matą, įvertinantį galimus nuostolius per tam tikrą laiko intervalą. Kitaip sakant, VaR mato tikslas yra nustatyti, kiek investuotojas ar institucija gali prarasti su tikimybe  $\theta$  per tam tikrą laiko intervalą. Todėl du svarbiausi VaR modelių komponentai yra rizikos matavimo laiko trukmė ir rizikos matavimo patikimumo intervalas, o gautas rezultatas išreiškiamas vienu skaičiumi. Dėl šio mato konceptualaus paprastumo jis įgijo didelį populiarumą tarp praktikų (Engle, Manganelli 2004; Artzner *et al.* 1999) ir yra plačiai naudojamas finansinių institucijų vidaus ir išorės tikslams pasiekti.

Lyginant su kitais rizikos matais, VaR turi keletą pranašumų. Pirma, portfelio visuminė rizika čia išreiškiama vienu skaičiumi su aiškia jo interpretacija. Antra, VaR matą galima taikyti skaičiuojant įvairios struktūros investicijų riziką. Trečia, VaR skaičiavimas realizuotas beveik visose finansinių skaičiavimų programose. Pagaliau, Baselio bankų priežiūros komitetas (angl. *Basel Committee on Banking Supervision*, BCBS) VaR skaičiavimą įtraukė kaip privalomą naudoti komerciniams bankams. Daugelis išsivysčiusių šalių bankų kasdien vertina kreditų portfelių ir vertybinių popierių VaR vidinėms ataskaitoms ir įgyvendinant rizikos kontrolę. Finansų sektoriuje dažnai domimasi sąlyginiu dienos VaR, t. y. rytojaus finansinio pelningumo pasiskirstymo kvantiliu, įvertinančiu anksčiau pelningumo istoriją. Vienu iš labiausiai paplitusių tokio tipo modelių yra įvairios GARCH (generalizuotų ARCH) modelių specifikacijos (Fan *et al.* 2014).

Statistiniu požiūriu, VaR įvertina investicijų grąžos (pelno) skirstinio kvantilį. Tarkime, kad atsitiktinis kintamasis  $X$  su tolydine pasiskirstymo funkcija  $F$

modeliuoja tam tikro finansinio instrumento nuostolius ar neigiamą grąžą per tam tikrą laikotarpį. Tada VaR gali būti apibrėžtas kaip  $F$  skirstinio  $p$ -tasis kvantilis:

$$\text{VaR} = F^{-1}(1-p). \quad (2.3)$$

Čia  $F^{-1}$  yra taip vadinama kvantilio funkcija, apibrėžiama kaip pasiskirstymo funkcijos  $F$  inversija.

Kita vertus, VaR matas turi ir pripažintų trūkumų. Akivaizdu, kad rizikos suvedimas į vieną skaičių labai supaprastina tikrąją rizikos struktūrą: VaR gali labai iškraipyti „tikrųjų“ rizikų pavidalą, nes neišreiškia skirtumų kairiose pasiskirstymo „uodegų“ pusėse, esančiose už  $(1-p)$  kvantilio (Franguridi 2014). Be to, VaR ne visada skatina portfelio diversifikaciją, t. y. nėra subadityvus matas: ne visiems atsitiktiniams dydžiams (pavyzdžiui, pelnui)  $r_1$  ir  $r_2$  teisinga, kad  $\text{VaR}(r_1 + r_2) \leq \text{VaR}(r_1) + \text{VaR}(r_2)$  (Follmer, Shied 2004).

Pagrindinė VaR metodo taikymo problema yra ta, kad investicijų grąžos (pelno) skirstinys nėra pastovus laike. Šis nepastovumas ir sudaro esamų daugelio VaR skaičiavimo metodikų skirtumų pagrindą. Klasikinė prielaida apie skirstinio normalumą dažnai netenkinama, o remiantis šia prielaida gauti rezultatai gali būti iškreipti (Erb, Harvey 2006; Szego 2005). Pagal tai, kaip sprendžiama skirstinio problema, VaR modeliai skiriami į tris plačias grupes (Manganelli, Engle 2001):

- a) parametriniai – rizikos metrikos (*Risk Metrics*) ir GARCH;
- b) neparametriniai – istorinio modeliavimo ir hibridiniai modeliai;
- c) pusiau parametriniai: ekstremalios vertės teorija (*angl. Extreme Value Theory*), CAViaR ir *quazi* maksimalaus tikėtumo (*angl. Quasi-maximum Likelihood*) GARCH.

Parametriniai modeliai. Parametrinį rizikos metrikos modelį pasiūlė J. P. Morgan ir RiskMetrics mokslininkų grupė (1996). Šiame modelyje daroma prielaida, kad grąža (pelnas) turi sąlyginę normalųjį skirstinį:

$$r_t | \Omega_{t-1} \sim N(\mu_t, \delta_t^2) \quad (2.4)$$

Čia  $r_t$  – investicijų grąža (pelnas),  $\mu_t$  – sąlyginis vidurkis,  $\delta_t^2$  – sąlyginė dispersija, o  $\Omega_{t-1}$  – informacijos, žinomos laiko momentu  $t-1$  rinkinys.

Jeigu sutiksime, kad rizikos metrikos modelyje  $\mu_t$  yra lygus nuliui, tai grąžą  $r_t$  galime išreikšti formule  $r_t = \delta_t \varepsilon_t$ , kur  $\varepsilon_t \sim i.i.d.$ , t. y. yra nepriklausomi



ir identišškai pasiskirstę (angl. *independent and identically distributed*) atsitiktiniai dydžiai.

Tada dispersiją galima apskaičiuoti lygtimi:

$$\delta_t^2 = \lambda \delta_{t-1}^2 + (1 - \lambda) r_{t-1}^2. \quad (2.5)$$

Šioje lygtyje  $0 < \lambda < 1$ . Parametrui  $\lambda$  dažnai suteikiamos reikšmės tarp 0,9 ir 1,0. Atsižvelgdami į tai, kad daugelio finansinių eilučių atveju tai duoda pakankamai tikslūs rezultatus, RiskMetrics mokslininkų grupė (1996) siūlo naudoti  $\lambda = 0,94$  reikšmę.

Jeigu rizikos metrikos modelyje dispersija yra apskaičiuojama naudojant eksponentinį slenkančių vidurkių metodą, tai tuomet tai atitinka integruotą GARCH modelį, kuriame standartizuotos liekanos turi normalųjį skirstinį (Engle 1982; Bollerslev 1986). Taikant eksponentinį slenkančių vidurkių metodą dispersija apskaičiuojama pagal formulę :

$$\delta_t = \sqrt{(1 - \lambda) \sum_{i=t-k}^{t-1} \lambda^{t-i-1} (x_i - \mu)^2}. \quad (2.6)$$

Čia parametras  $\lambda$  yra vadinamas „gesimo faktoriumi“ (angl. *Decay Factor*), nes, priešingai nei vienodų svorių metoduose, šis metodas priskiria skirtingus svorius praeities reikšmėms, taip siekiant užfiksuoti trumpalaikius svyravimus.

Neparametriniai metodai. Vienas iš labiausiai paplitusių neparametrinių VaR vertinimo metodų yra istorinio modeliavimo metodas (angl. *Historically Simulated*, HS-VaR). Šis metodas yra labai supaprastintas, nes jį taikant nedaromos jokios prielaidos apie grąžos skirstinį. Istorinis modeliavimas grindžiamas slenkančio lango principu: pirmiausia parenkamas stebėjimo langas, kuris paprastai svyruoja nuo 6 mėnesių iki dvejų metų, tada grąža per šį laikotarpį (langą) rūšiuojama didėjančia tvarka ir  $\theta$  – eilės kvantilis yra apskaičiuojamas kaip taškas, kuris palieka  $\theta$  % stebėjimų kairėje pusėje ir  $(1 - \theta)$  % dešinėje lango pusėje. Jeigu skaičiuojama kitą dieną, tai visas langas perkeliamas vienu stebėjimui į priekį, o procedūra kartojama. Nors šis metodas nereikalauja jokių prielaidų apie grąžos skirstinį, daroma neišreikšta prielaida, kad lango viduje skirstinio tipas nesikeičia. Statistiškai šis metodas nagrinėja pelno imtį  $r_t, t = 1, \dots, T$ , o jo uždavinys yra įvertinti vieno periodo VaR, t. y. surasti pelno imties skirstinio  $(1-p)$  kvantilį remiantis priešistorija  $r_T, r_{T-1}, \dots, r_1$ . HS-VaR metodas nagrinėja ilgio  $L \leq T$  seką. Kaip pažymi Manganelli ir Engle (2001), šis metodas yra logiškai prieštaringas. Tai yra, jeigu daroma prielaida, kad procesas yra ergodiškas (t. y.

sąlygoms kintant, kiekviena būsena su tam tikru tikslumu apibūdina bet kurią kitą artimą būseną) ir stacionarus, tai HS-VaR matas konverguoja į besąlyginio pelno pasiskirstymo  $(1-p)$  kvantilį, kai lango dydis neribotai didėja, o tada būtų logiška sutikti, kad  $L=T$ . Tačiau praktikoje paprastai yra reikalingas sąlyginio kvantilio įvertinimas, o tai reiškia, kad lango ilgis negali būti labai didelis, nes priešingu atveju įvertį gali iškreipti itin senos reikšmės. Net jeigu reikia įvertinti besąlyginį kvantilį, o procesui  $\{r_t\}$  būdingi ryškūs klasterizacijos pokyčiai, kas charakteringa finansiniams rodikliams, tai HS-VaR įverčio kokybė vargu ar bus patenkinama.

Siekiant padidinti istorinio modeliavimo metodo patikimumą buvo sukurti hibridiniai metodai (Boudoukh *et al.* 1998). Šie metodai derina rizikos metrikos ir istorinio modeliavimo metodus, suteikdami eksponentiškai mažėjančius svorius praeities reikšmėms.

Semiparametrinių metodų pavyzdžiai yra ekstremalios vertės teorija, CA-ViaR ir *quazi* maksimalaus tikėtinumo GARCH.

Ekstremalios vertės teorija (angl. *Extreme Value Theory*, EVT). VaR metodas dažnai susilaukia kritikos dėl to, kad, kaip ir daugelis parametrinių metodų, dažniausiai taiko normalųjį skirstinį. Taikant šią aproksimaciją, aukštesnių kvantilių rizika lieka neįvertinta. Nors šią problemą kartais bandoma išspręsti taikant tinkamesnius skirstinius (Student, normaliųjų skirstinių mišinys), tačiau vis tiek visi VaR metodai fokusuojasi į centrinę reikšmę, arba, kitaip sakant, į normaliojo skirstinio sąlygas. Neparametriniuose methoduose, nors ir nedaroma jokių prielaidų apie skirstinio tipą, lieka neišspręsta problema – kokius svorius suteikti atskiroms reikšmėms. Taigi, priešingai nei VaR metodai, ekstremalios vertės teorija yra naudojama duomenų eilučių maksimumų arba minimumų (skirstinių „uodegų“) vertinimui. Tačiau taikant EVT taip pat susiduriama su daugybe problemų, įskaitant ekstremalių duomenų trūkumą, ribų nustatymą, „uodegų“ ir parametrų vertinimo metodų parinkimą.

EVT yra gerai išvystyta tikimybių teorijos sritis, kuri nagrinėja duotos pasiskirstymo funkcijos ekstremalių reikšmių skirstinius arba stochastinius procesus, tenkinančius tam tikras sąlygas. Šios teorijos pagrindus sukūrė Fisher ir Tippet (1928) bei Gnedenko (1943), įrodę, kad ekstremalių reikšmių skirstinys konverguoja į vieną iš trijų galimų skirstinių tipų. Svarbiausia šių rezultatų savybė yra ta, kad ekstremalių reikšmių asimptotinio skirstinio tipas nepriklauso nuo gražos (pelno) sukauptos pasiskirstymo funkcijos. O tai ypač svarbu, nes daugelis finansinių laiko eilučių yra nesimetriškos ir turi ilgą uodegą, tad nėra bendro sutarimo, kuris skirstinio tipas joms geriausiai tinka.

Nustatant ekstremalias realių duomenų reikšmes taikomi du pagrindiniai metodai (Gilli, Kellezi 2006). Pirmuoju atveju nagrinėjama aibė (blokas) maksimumų, kuriuos kintamasis įgyja tam tikru laikotarpiu, pavyzdžiui, mėnesiais ar metais. Antruoju atveju nagrinėjamos reikšmės, viršijančios tam tikrą nustatytą

slenkstį. Taikant pirmąjį būdą sudaroma maksimalių reikšmių aibė, kurios dydis (tūris) yra  $n$ , tačiau čia išskylanti problema – kaip apibrėžti šių reikšmių skirstinį.

Į EVT sąlyginai galima žiūrėti kaip į Centrinės ribinės teoremos (CRT) tąsą, kadangi CRT nagrinėja sukaupytų sumų svyravimus, o EVT – imties maksimumų svyravimus. Fisher ir Tippet (1928) gauti rezultatai apibrėžė atitinkamai normuotų maksimumų ribinio skirstinio formą. Jeigu maksimalių, nepriklausomų ir identiškai pasiskirsčiusių atsitiktinių dydžių (i.i.d.) reikšmių aibės  $\{X_i\}$ ,  $i=1, \dots, n$  skirstinį pažymėsime  $M_n$ , tai jį galima užrašyti tokiu būdu:

$$M_n = \max(X_1, \dots, X_n). \quad (2.7)$$

Jeigu egzistuoja normavimo konstantos  $c_n$  ir  $d_n$ , čia  $c_n > 0$ ,  $d_n \in R$  ir neišsigimusi pasiskirstymo funkcija  $H$ ,  $\frac{M_n - d_n}{c_n} \rightarrow H$ , tada skirstinys priklauso vienam iš šių standartinių ekstremalių reikšmių skirstinių (Gilli, Kellezi 2006):

$$\text{Frechet: } \Phi_\alpha(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ e^{-x^{-\alpha}}, & x > 0 \end{cases} \quad \alpha > 0. \quad (2.8)$$

$$\text{Weibull: } \Phi_\alpha(x) = \begin{cases} e^{-(-x)^\alpha}, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases} \quad \alpha > 0. \quad (2.9)$$

$$\text{Gumbel: } \Lambda(x) = e^{-e^{-x}}, x \in R. \quad (2.10)$$

Jenkinson (1955) ir von Mises (1954) pasiūlė apjungti šiuos tris skirstinius į vieną, su vienu parametru:

$$H_\xi(x) = \begin{cases} e^{-(1+\xi x)^{-1/\xi}} & \text{jei } \xi \neq 0 \\ e^{-e^{-x}} & \text{jei } \xi = 0 \end{cases}. \quad (2.11)$$

Šis apibendrinimas, žinomas kaip apibendrintas ekstremalių verčių (angl. *Generalized Extreme Value*, GEV) skirstinys, yra Frechet skirstinyje prilyginus  $\xi = \alpha^{-1}$ , Weibull –  $\xi = -\alpha^{-1}$  ir interpretuojant Gumbel skirstinį kaip ribinį atvejį  $\xi = 0$ .

Kadangi paprastai ribinis maksimumų imties skirstinys nėra žinomas, apibendrintas atvejis yra labai naudingas norint apskaičiuoti maksimalaus tikėtinu-

mo įvertinimą (Gilli, Kellezi 2006). Be to, standartinis GEV skirstinys, apibrėžtas (2.11) yra ribinis normuotų ekstremumų skirstinys. Įvertinant tai, kad praktikoje gražos (pelno) tikrasis skirstinys nėra žinomas, o dėl to nėra žinomos ir normuojančios konstantos  $c_n$  ir  $d_n$ , taikoma GEV trijų parametrų specifikacija:

$$H_{\xi, \delta, \mu}(x) = H_{\xi}\left(\frac{x - \mu}{\delta}\right), \quad x \in D, \quad D = \begin{cases} \left[-\infty, \mu - \frac{\delta}{\xi}\right] & \xi < 0 \\ \left[\mu - \frac{\delta}{\xi}, \infty\right] & \xi = 0 \\ \left[\mu - \frac{\delta}{\xi}, \infty\right] & \xi > 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Ši specifikacija yra ribinis nenormuotų maksimumų skirstinys. Dvi papildomos konstantos  $\mu$  ir  $\sigma$  yra parametrų vietos ir masto matai, rodantys nežinomas normavimo konstantas.

Skaičiuojant EVT yra svarbūs ne parametrai, o GEV kvantilių įvertinimas, kitaip vadinamas grįžimo lygiais (angl. *Return Levels*):

$$R^k = H_{\xi, \delta, \mu}^{-1}\left(1 - \frac{1}{k}\right) \quad (2.13)$$

Pakeitus parametrus  $\xi, \delta$  ir  $\mu$  jų įverčiais  $\hat{\xi}, \hat{\delta}$  ir  $\hat{\mu}$ , gauname GEV kvantilio įvertinimą:

$$\hat{R}^k = \begin{cases} \hat{\mu} - \frac{\hat{\delta}}{\hat{\xi}} \left(1 - \left(-\log\left(1 - \frac{1}{k}\right)\right)^{-\hat{\xi}}\right), & \hat{\xi} \neq 0 \\ \hat{\mu} - \hat{\delta} \log\left(-\log\left(1 - \frac{1}{k}\right)\right), & \hat{\xi} = 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

Kitas alternatyvus metodas, vadinamas piko virš slenksčio (angl. *Peak over Threshold*, POT) metodu, nagrinėja dydžių  $x$ , viršijančių tam tikrą ribą  $u$ , skirstinį  $F_u$ . Šio metodo tikslas – sumodeliuoti skirstinį reikšmių, viršijančių ribą  $u$ , kitaip sakant, atsitiktinio dydžio  $Y_j = X_j - u$  skirstinį. Šio EVT metodo pagrindinis rezultatas yra tas, kad, kai riba  $u$  auga iki begalybės, teigiamos sekos  $Y_j$ , pateiktos tam tikru masteliu, skirstinys priklauso apibendrintam Pareto skirstiniui GPD (angl. *Generalized Pareto Distribution*), atstovaujančiam parametrinių skirstinių šeimai.

Kvantilių regresija ir CAViaR metodas. Kvantilių regresijos (angl. *Quantile Regression*) modeliai dėmesio centrą nuo pleno (gražos) skirstinio perkelia į kvantilio elgesio nagrinėjimą. Vieni iš pirmųjų kvantilių regresiją parametrų

vertinimui pritaikė Koenker ir Basset (1978). Savo ištakomis šis metodas remiasi XVIII a. Boscovitch ir Laplace tyrimais, kuriuos vėliau pratęsė Edgeworth (1888). Pastaruoju metu Engle ir Manganelli (2004) siūlė CAViaR modelį, kurį Taylor (2008) dar papildė, įtraukdamas ir kvantilių regresiją su eksponentiniais svoriais. Nors daug metodų buvo pasiūlyta sąlyginių skirstinių „uodegų“ vertinimui, kol kas vienas tinkamiausias metodas neatrastas.

Kvantilių regresija pastaruoju metu susilaukia vis didesnio mokslininkų dėmesio. Įvairios jos modifikacijos, pritaikytos laiko eilutėms, pateikiamos Davis ir Dunsmuir (1997), Koenker ir Hallock (2001), Andrews *et al.* (2007), Abduramanov ir Kudryavtsev (2007) bei kituose darbuose. Atskiru kvantilinės regresijos atveju laikoma medianų regresija, kai kvantilis  $p = 50\%$ .

Kvantilių (tuo pačiu ir medianų) regresijos modelis turi eilę privalumų:

- jis priklauso neparimetrinių metodų, kuriems nereikia žinoti skirstinio tipo, šeimai;
- jis stabilus išskirtims, kurios dažnai pasitaiko praktiniuose uždaviniuose;
- jis nereikalauja, kad atliekami stebėjimai būtų nepriklausomi ar bent nebūtų stipriai priklausomi;
- jis leidžia daryti tiesiogines išvadas apie prognozuojamo rodiklio svyravimus.

Tokiu būdu kvantilių regresija neturi klasikinių regresijos modelių, kurie gana jautrūs pradinių prielaidų iškraipymams, trūkumų. Jeigu šios prielaidos tenkinamos, tai kvantilių regresijos metodu gauti rezultatai menkai nusileidžia rezultatams, gautiems, pavyzdžiui, taikant mažiausių kvadratų metodą (Abduramanov, Kudryavtsev 2007).

Kvantilių regresijos metodą laiko eilutėms galima užrašyti tokiu pavidalu:

$$Quant_{\Theta}(x_i | x_{i-1}, \dots, x_{i-p}) = (x_{i,p})\beta_{\Theta}, \quad i = p+1, p+2, \dots, n. \quad (2.15)$$

Čia  $Quant_{\Theta}(x_i | x_{i-1}, \dots, x_{i-p})$  žymi kintamojo  $x_i$  sąlyginį kvantilį, kurio tikimybė  $\Theta$  apskaičiuota iš sekos  $x_{i,p} = (x_{i-1}, \dots, x_{i-p})$ ,  $i = p+1, \dots, n$ , o  $\beta_{\Theta}$  – regresijos koeficientų vektorius – stulpelis.

Tai, kad įvertyje naudojamas ne sąlyginis vidurkis, kas būdinga klasikiniams regresijos modeliams, o sąlyginis kvantilis ar mediana (kai  $\Theta = 1/2$ ), iš principo nekeičia prognozės interpretacijos, nes mediana, kaip ir matematinis vidurkis, yra centro matas, o simetriniams skirstiniams vidurkis ir mediana sutampa. Kitaip sakant, abu metodai duoda pagal prasmę panašius įvertinimus, nors ir pasižyminčius skirtingomis statistinėmis savybėmis.

Kvantilių regresijos įverčiai gaunami neparametriniu metodu, kuriuo vektoriaus  $\beta_0$  įvertis  $\hat{\beta}_0$  gaunamas minimizuojant lygtį:

$$\max_{\beta_0} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i: x_i \geq x_{i,p} \beta_\Theta} \Theta |x_i - x_{i,p} \beta_\Theta| + \sum_{i: x_i < x_{i,p} \beta_\Theta} (1 - \Theta) |x_i - x_{i,p} \beta_\Theta| \right\}. \quad (2.16)$$

Praktiškai sprendžiant kvantilių regresijos uždavinį, pradinėmis vektoriaus  $\beta_\Theta$  reikšmėmis patogiu imti koreguotus įverčius, gautus mažiausių kvadratų metodu. Metodas taip pat taikomas, kai pradiniai kvantilių regresijos įverčiai apskaičiuojami iš mažos imties dalies, o tai leidžia sutaupyti iteracijų kiekį ir skaičiavimo laiką. Kvantilių regresijos metodo sprendimą patogiu suvesti į tiesinio programavimo uždavinį. Šiuo atveju modelis užrašomas matematinio programavimo lygtimis:

$$\Theta \times 1 \times u^+ + (1 - \Theta) \times 1 \times u^- \rightarrow \min. \quad (2.17)$$

$$\begin{cases} X\beta_\Theta + u^+ - u^- = x \\ u^+ \geq 0 \\ u^- \geq 0 \end{cases}. \quad (2.18)$$

Čia  $1$  – tam tikros apimties vienetinis vektorius-eilutė, o  $u^+$  ir  $u^-$  – teigiamų ir neigiamų nuokrypių vektoriai su komponentėmis

$$u_i^+ = (x_i - x_{i,p} \beta_\Theta)^+ = \begin{cases} x_i - x_{i,p} \beta_\Theta, & x_i \geq x_{i,p} \beta_\Theta \\ 0 - \text{priešingu atveju} \end{cases}. \quad (2.19)$$

$$u_i^- = (x_{i,p} \beta_\Theta - x_i)^+ = \begin{cases} x_{i,p} \beta_\Theta - x_i, & x_i < x_{i,p} \beta_\Theta \\ 0 - \text{priešingu atveju} \end{cases}. \quad (2.20)$$

Kai kvantilių regresijos uždavinys pateikiamas kaip tiesinio programavimo uždavinys, jis pasižymi keletu privalumų: pirma, užtikrinama, kad įvertis bus pasiektas per ribotą iteracijų skaičių, antra, vektorinių parametru įverčiai lieka atsparūs išskirtims.

Vektoriaus  $x$  patikimumo sritis dažniausiai konstruojama taikant tiesioginį metodą (Zhou Portnoy, 1996):

$$I_{\beta_{\Theta}} = (x\hat{\beta}_{\Theta-b}, x\beta_{\Theta+b}) \quad . \quad (2.21)$$

Čia  $b = \sqrt{\chi_{p,\gamma}^2 \frac{xQ^{-1}x\Theta(1-\Theta)}{n}}$ ,  $Q = n^{-1} \sum_{i=1}^n x_i' x_i$ ,  $\gamma \in (0;1)$  – pasikliautinumo tikimybė, t. y. tikimybė, kad pasikliautinumo sritis perdengia tikrąją regresijos kreivę,  $\chi_{p,\gamma}^2$  –  $\chi^2$  skirstinio kvantilis su patikimumo lygmeniu  $\gamma$  ir  $p$  laisvės laipsniais.

CAViaR modelis. CAViaR (angl. *The Conditional Autoregressive Value at Risk*) metodą 1999 metais pasiūlė Engle ir Manganelli. Šis metodas parametrų vertinimui taiko kvantilių regresijos būdą. Pagrindinė CAViaR modelio idėja – tiesiogiai modeliuoti kvantilio evoliuciją laike, o ne visą portfelio pasiskirstymą. CAViaR siūlo tokią galimų nuostolių specifikaciją:

$$q_{t,\Theta} = \beta_0 + \beta_1 q_{t-1,\Theta} + l(\beta_2, \dots, \beta_p, y_{t-1}, q_{t-1,\Theta}) \quad . \quad (2.22)$$

Parentant skirtingas funkcijos  $l$  specifikacijas, galima gauti skirtingus modelius. Kai  $l(\cdot) = \beta_2 |y_{t-1}|$ , gaunamas simetrinės absoliučios reikšmės modelis (*Symmetric Absolute Value*), o kai  $l(\cdot) = \beta_2 1(y_{t-1} > 0) - \beta_3 1(y_{t-1} < 0)$  – asimetriinio nuolydžio (*Asymmetric Slope*) modelis. CAViaR naudingas ir taikant Monte Carlo modeliavimą netiesioginiame GARCH(1,1) modelyje (Engle, Manganelli 2001):

$$q_{t,\Theta} = (\beta_1 + \beta_2 q_{t-1,\Theta}^2 + \beta_3 y_{t-1}^2)^{1/2} \quad . \quad (2.23)$$

Chernozhukov ir Umantsev (2000) pasiūlė atskirą CAViaR modelio atvejį, kuriame  $\beta_1 = 0$  ir  $l(\cdot) = X' \beta$ . Čia  $X$  yra vektorius, vaizduojantis stebimą ekonomikos kintamąjį laike  $t$ , o  $\beta$  yra vertinamas parametrų vektorius.

Nežinomi parametrai yra vertinami, taikant netiesinius kvantilių regresijos metodus.

Quazi maksimalaus tikėtimumo GARCH modelis (angl. *quasi-maximum likelihood GARCH*). Viena iš pagrindinių finansinių laiko eilučių savybių yra volatilumo (kintamumo) klasterizacija. Kaip rodo stebėjimai, volatilumas ne tik keičiasi laike, bet ir yra linkęs klasterizuotis, iš ko daroma išvada, kad volatilumas yra autokoreliuotas. Engle (1982) volatilumo dinamikai modeliuoti pagal

liekanų praeitų reikšmių svertinius vidurkius pasiūlė pritaikyti autoregresinį sąlyginį heteroskedastiškumą (angl. *autoregressive conditional heteroscedasticity*, ARCH). ARCH modeliai turi tokį pavidalą:

$$\begin{aligned} r_t &= \mu_t + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &= \eta_t v_t \\ v_t^2 &= \delta + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \end{aligned} \quad (2.24)$$

Čia  $\forall i \alpha_i \geq 0$ , o  $\{\eta_t\}$  yra vadinamas inovacijų, atitinkančių baltą triukšmą, procesu. ARCH modelių idėja davė pagrindą plačios volatilumo modelių aibės sukūrimui. Iš gausių apibendrinimų ir patobulintų modelių dažniausiai taikomas Bollerslev (1986) pasiūlytas GARCH modelis:

$$\begin{aligned} x_t &= v_t \varepsilon_t, \\ v_t^2 &= c + \sum_{i=1}^p \tilde{a}_i x_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \tilde{b}_j v_{t-j}^2 \end{aligned} \quad (2.25)$$

Šiame GARCH(p,q) modelyje dispersijos prognozavimui naudojamos ne tik praeities proceso kvadratinės paklaidos, bet ir istoriniai kintamieji. GARCH modeliai pasižymi žymiai lankstesne parametų struktūra nei ARCH modeliai. Kaip rodo empiriniai tyrimai, ARCH modeliams reikalingos gana ilgos praeities sekos, o GARCH modeliai gerai pritaikomi daugumai laiko eilučių. Be to, GARCH, o ypač GARCH(1;1), modelių paprastumas ir aiški logika padėjo jiems išplisti finansiniuose tyrimuose.

Nors egzistuoja daug būdų, kaip galima įvertinti modelio parametrus, daugelyje darbų visgi taikomas populiarus statistinis didžiausio (maksimalaus) tikėtinumo metodas (angl. *Maximum Likelihood Estimation*, MLE) (Jianqing *et al.* 2014). Tačiau norint šį metodą pritaikyti, svarbu žinoti tikrąją inovacijų pasiskirstymą. Be to, netgi jei jis yra žinomas,  $v_t^2$  skirstinys vis tiek lieka neapibrėžtas. Vertinant modelio parametrus, įprastinė praktika yra padaryti prielaidą apie sąlyginį  $\varepsilon_t$  skirstinio normalumą, kitaip sakant, daryti prielaidą, kad inovacijos turi Gauso skirstinį. Tuomet MLE funkciją galima užrašyti konstantos tikslumu. Kadangi MLE įvertyje vietoje realaus inovacijų pasiskirstymo taikoma Gauso funkcija, šis metodas įgijo *quazi* maksimalaus tikėtinumo GARCH modelio pavadinimą. Kita vertus, taikant šį modelį, neišvengiama ir eilės problemų. Kaip rodo empiriniai tyrimai, liekanoms  $\varepsilon_t$  dažnai būdingas nesimetriškas skirstinys su



sunkiomis „uodegomis“. Tokiu būdu prielaida apie Gauso skirstinį nebėra tenkinama (Diebold 1988). Atsižvelgiant į šią problemą, MLE buvo pradėti taikyti Studento  $t$  skirstinys arba apibendrintas Gauso (angl. *Generalized Gaussian*) skirstinys (Nelson 1991). Visgi, jeigu inovacijų skirstinys parinktas neteisingai, šie metodai gali duoti ir nepagrįstus rezultatus. Tuo tarpu MLE įverčiuose, kai inovacijos turi baigtinį ketvirtą momentą, naudojant Gauso skirstinį, rezultatai gali būti pagrįsti ir asimptotiškai normalūs, netgi jeigu inovacijų skirstinys gero-kai skiriasi nuo Gauso (Hall, Yao 2003).

### 2.2.3. Rizikos prevencijos metodai

Siekiant mažinti investiciniams projektams keliamą riziką, svarbu taikyti tinkamus rizikos vadybos metodus. Rizikos vadyba apima rizikos identifikavimą, rizikos įvertinimą, rizikos valdymo strategijos sukūrimą ir rizikos mažinimą, pasitelkiant valdymo resursus (Berg 2010). Tradiciniai rizikos valdymo teoretiškai nagrinėja riziką kylančią dėl fizikinių ar teisinių priežasčių (pvz., natūralūs kataklizmai, avarijos, mirtys ir pan.), o finansinės rizikos vadybos atstovai tiria rizikos rūšis, kurios gali būti suvaldomos finansinių instrumentų pagalba. Tokio rizikos valdymo tikslas yra sumažinti įvairias rizikos rūšis, susijusias su nagrinėjama sritimi. Projektų riziką gali sudaryti daugelio tipų grėsmės, kurias sukelia aplinka, technologijos, žmonių organizacijos ar politikai.

Vertinant projekto efektyvumą, yra taikomi keli rizikos prevencijos metodai. Bendras tokių metodų taikymo principas yra išties paprastas: iš anksto „pabloginti“ pradinį parametrą, kurie taikomi vertinant projekto pelningumą. Šis parametru „pabloginimas“ derinamas su kylančia projekto rizika, o tai galima padaryti dviem būdais: padidinant diskonto normą (diskonto normos, įvertinančios rizikos dydį, metodas) arba sumažinant numatomas įplaukas (patikimumo ekvivalentų metodas).

Diskonto normos metodas padeda įvertinti būsimų piniginių įplaukų neapibrėžtumą, kai įvertinant riziką, diskonto norma koreguojama pagal formulę:

$$E = WACC + RP, \quad (2.26)$$

čia  $E$  – diskonto norma, pakoreguota įvertinant riziką,  $WACC$  (angl. *Weighted Average Cost of Capital*) – reali arba nominali projekto kapitalo vertė,  $RP$  – rizikos premija, kuri paprastai nustatoma ekspertinio vertinimo būdu.  $WACC$  sudaro ir nuosavo (akcininkų) kapitalo, ir pasiskolinto kapitalo vertė. Šio kapitalo vertei nustatyti taikomas ilgalaikių aktyvų vertinimo modelis (angl. *Capital Assets Pricing Model*, CAPM). Nuosavam kapitalui ( $R_e$ ) taikoma diskontavimo norma apskaičiuojama pagal formulę

$$R_e = R_f + b(R_m - R_f). \quad (2.27)$$

Čia  $R_f$  – diskonto norma „be rizikos“,  $b$  – koeficientas, apibrėžiantis bendrovės (firmos) akcijų kainų pokyčius, lyginant juos su šio rinkos segmento visų bendrovių akcijų kainų pokyčiais,  $R_m$  – akcijų rinkos vidutinis pelningumas,  $(R_m - R_f)$  – rizikos premija.

Patikimumo ekvivalentų metodo pagrindą sudaro pinigų srautų korekcija, vykdoma atsižvelgiant į rizikos lygio įvertį. Atlikus pinigų srautų koregavimą, vėliau apskaičiuojami projekto efektyvumo rodikliai, pagal kuriuos ir priimamas galutinis sprendimas. Šio metodo pagrindinis trūkumas yra tas, kad nėra pagrįsto būdo apskaičiuoti ekvivalentus be rizikos. Taikymą apsunkina dar ir tai, kad neturintys rizikos ekvivalentai turi atspindėti ne analitikų, o investuotojų prioritetus.

Jautrumo analizė (angl. *Sensitivity Analysis*). Šis metodas tiria pagrindinių modelio rodiklių įtaką esminiam efektyvumo rodikliui (pavyzdžiui, NPV). Metodas grindžiamas prielaida, kad kiekvieno tiriamo parametro neapibrėžtumas yra susijęs su kažkuria rizikos rūšimi. Jeigu rizika reikšminga, tai ją atspindinčiam parametrui reikia skirti didžiausią dėmesį. Jautrumo analizė gali būti atlikta bet kuriam efektyvumo rodikliui, o jos tikslas – apibrėžti rizikos faktorius, kurie gali iš esmės paveikti projekto rezultatus, bei patikrinti šių veiksmų pokyčių poveikį projekto rezultatams. Atliekant jautrumo analizę, sprendžiami dviejų tipų uždaviniai:

- pasirinkto atskiro projekto efektyvumo rodiklio pokyčio priklausomybės nuo tiriamo parametro nustatymas;
- projekto efektyvumo rodiklio neigiamų pokyčių ribos apibrėžimas, tai yra numatymas, kada projektas jau tampa nepelningu (ribinių nuokrypių analizė). Ši reikšmė gali tarnauti kaip tiriamo rodiklio diskontavimo „be rizikos“ taško analogas.

Atliekant jautrumo analizę, taikomas vienas iš dviejų galimų metodų:

- klasikinis kritinių parametrų metodas;
- įvairių rizikos rūšių rangavimo metodas.

Pradiniuose projekto ir verslo planų kūrimo etapuose dažniausiai taikomas paprastesnis rizikos rūšių rangavimo metodas, o baigiamuosiuose etapuose rekomenduojama atlikti analizę, taikant abu metodus.

Vienu iš informatyviausių jautrumo analizės metodų laikomas elastingumo rodiklio vertinimas. Šis rodiklis apskaičiuojamas kaip rezultato rodiklio santykis su pradinio parametro vieno procento pokyčiu:

$$E = \left( \frac{NPV_2 - NPV_1}{NPV_1} \right) / \left( \frac{x_2 - x_1}{x_1} \right). \quad (2.28)$$

Čia  $x_1$  – bazinė parametro reikšmė,  $x_2$  – pakitusi parametro reikšmė,  $NPV_1$  – rezultato rodiklis, esant bazinei parametro reikšmei,  $NPV_2$  – rezultato rodiklis,

esant pakitusiai parametro reikšmei. Šis rodiklis apskaičiuojamas visiems projekto parametrams: kuo aukštesnis elastingumo rodiklis, tuo projektas jautresnis tiriamo rodiklio pokyčiams, o taip pat ir projekto rizika rodiklio atžvilgiu yra didesnė. Jautrumo analizė gali būti pateikta ir grafiniu pavidalu  $NPV = f(x)$ . Galiausiai skaičiavimų pagrindu atliekamas parametrų svarbos rizikai ekspertinis vertinimas ir sudaroma vadinamoji „jautrumo matrica“, kurioje išskiriami rizikingiausi ir mažiausiai rizikingi projekto veiksniai. Kadangi šis metodas jungia kokybinius ir kiekybinius metodus, jis yra jautresnis subjektyviai ekspertų nuomonei. Pagrindinis metodo trūkumas tas, kad rizikos veiksniai yra nagrinėjami izoliuotai, kai realybėje visi ekonominiai veiksniai yra stipriau ar silpniau susiję tarpusavyje.

Vertinant investicijų riziką, svarbu nepamiršti atsižvelgti ir į toleranciją tam tikram atsitiktiniam įvykiui ar jų aibei, ką galima vadinti tolerancija rizikai. Atsižvelgiant į toleranciją rizikai, investicinio projekto vertė ar efektyvumas tampa trijų kompleksinių kintamųjų funkcija:  $IP \text{ vertė} = f(\text{pajamos, rizika, tolerancija})$ . Akivaizdu, kad tarp rizikos ir investicinio projekto vertės egzistuoja tiesioginis ryšys, o bendrą riziką galima apibrėžti per funkciją nuo projekto vertės ir šios vertės sukūrimo tikimybės.

### 2.3. Mišrių tyrimo metodų metodologiniai principai

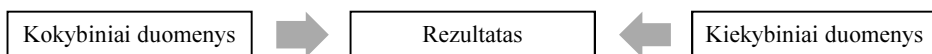
Mišrių vertinimo metodų sąvoka pradėta naudoti XX a. antroje pusėje, tačiau, kadangi pati sąvoka nėra griežtai apibrėžta, tiksliai įvertinti jų taikymo pradžią yra sunku. Mokslinių tyrimų literatūroje teigiama, kad vienais pirmųjų mišrių metodų taikymo pradininkų galima laikyti Cambell ir Fiske, atlikusius tyrimą, įvardintą kaip daugiametodinį (angl. *Multimethod*) (Campbell, Fiske 1959). Mišrūs vertinimo metodai socialinių mokslų tyrimuose jungia kiekybinių ir kokybinių tyrimų teoriją, duomenis, analizę ir interpretaciją. Jų taikymo tikslas dažniausiai yra vienaip ar kitaip susijęs su siekiu sustiprinti duomenų ir išvadų patikimumą. Mišriuose tyrimų metoduose paprastai jungiami keli kiekybiniai metodai, integruojamos dvi ar daugiau skirtingų duomenų formos (Steckler *et al.* 1992; Fielding ir Fielding 1986). Tokie tyrimai mokslinėje literatūroje įvardijami skirtingai: Ragin, Nagel ir White (2004) juos vadina hibridiniais, Morse (1991) – metodologinės trianguliacijos, o Creswell (2003) – kombinuotais tyrimais. Pastarojo meto akademinėje literatūroje tokio tipo metodai dažniausiai vadinami tiesiog mišriais tyrimo metodais (Mertens 2003), o juos taikant, analizuojami ir kiekybiniai, ir kokybiniai duomenys. Derinant kiekybinius ir kokybinius tyrimų metodus, matematiniai skaičiavimai atliekami siekiant išmatuoti ir skaičiais išreikšti subjektyvius dalykus, pavyzdžiui, apskaičiuoti ekspertų nuomonių ir vertinimų svorį bei tikimybę. Prie šios kategorijos priskiriamos apkla-

sos (gyventojų nuomonių, panelinės/longitudinės apklausos) su įtrauktais atvirojo tipo klausimais, vienkartinės apklausos ir kiti tyrimo metodai, tokie kaip kryžminio poveikio (*Cross-impact*), struktūrinės analizės (angl. *Structural Analysis*), Delfi (angl. *Delphi*), pagrindinės technologijos (angl. *Key Technologies*), daugiakriterinės analizės (angl. *Multi-criteria Analysis*), žemėlapiavimo (angl. *Roadmapping*) ir kiti.

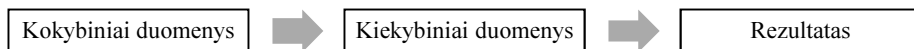
Pagrindinis mišrių metodų taikymo privalumas yra šių metodų pasirinkimo įvairovė ir lankstumas. Naudodamas mišrius tyrimo metodus, tyrėjas turi galimybę pasirinkti tinkamiausius informacijos rinkimo ir analizės metodus (Cojocararu 2010), o tai ypač svarbu tokiais atvejais, kai susiduriama su ribotu duomenų pasirinkimu arba neapibrėžtu tokių duomenų patikimumu. Taigi atsižvelgdamas į turimų duomenų specifiką, tyrėjas turi galimybę pasirinkti geriausiai būtent jam tinkančius šių duomenų analizės būdus (Chen 2006). Be to, naudojant mišrius metodus, analizuojami kiekybiniai statistiniai duomenys yra objektyvūs ir aiškiau apibrėžti, o kartu atliekama kokybinė analizė leidžia giliau ir plačiau suprasti nagrinėjamą problemą. Taikant kokybinius metodus, į tyrimą įprasta įtraukti ekspertus, kurie išmano konkrečius praktinius problemos aspektus ir niuansus, tad mišrių metodų naudojimas sudaro galimybę ne tik gautus apibendrintus rezultatus paremti tikimybių teorija, bet ir padidinti jų patikimumą, naudojant kokybinę analizę (Chen 2006).

Vienas iš aktualių mišrių metodų taikymo aspektų yra analizuojamų duomenų sintezė. Kaip teigia Creswell (2003), bendras skirtingų duomenų tipų panaudojimas geriau atspindi tiriamą problemą negu kiekvienas duomenų tipas atskirai. Tad taikant mišrius tyrimo metodus, yra išskiriami trys pagrindiniai duomenų sintezės būdai: duomenų suliejimas, sujungimas ir įterpimas (Vathasla 2014) (2.1 pav.).

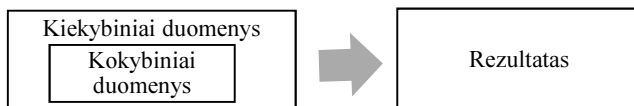
Duomenų suliejimas:



Duomenų sujungimas:



Duomenų įterpimas:



**2.1 pav.** Duomenų sintezės būdai (šaltinis: Vathasla 2014)

**Fig. 2.1.** The techniques of data synthesis (source: Vathasla 2014)

Duomenų suliejimas naudojamas tuo atveju, kai kokybiniai ir kiekybiniai duomenys vieni kitus papildo. Toks bendras kokybinių ir kiekybinių metodų panaudojimo būdas leidžia išgryninti gautus rezultatus bei palengvina jų interpretaciją. Pavyzdžiui, kiekybinis metodas gali būti naudojamas kaip pagrindinis, o gautų rezultatų paaiškinimui ir interpretacijai pasinaudojama iš kokybinių duomenų surinkta informacija (Cojocar 2010).

Duomenų sujungimas dažniausiai naudojamas tada, kai kokybinė analizė pasirenkama kaip pirminis būdas problemos supratimui, duomenų parinkimui ir įvairių faktorių pirminiam identifikavimui. Vėliau sukuriama kiekybiniais metodais paremti instrumentai, kurių pagalba atliekama analizė yra lengviau interpretuojama ir suvokiama (Mark, Shotland 1987). Pavyzdžiui, tyrimo pradžioje atliekami išsamūs interviu ar ekspertų apklausos, o vėliau, atsižvelgiant į gautus rezultatus, atrenkami analizei tinkami kintamieji bei modeliuojamas jų poveikis tiriamai problemai.

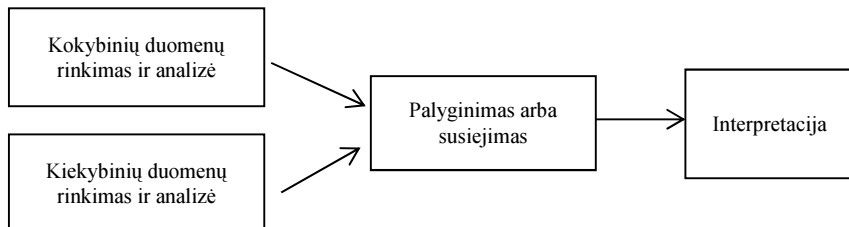
Duomenų įterpimas parankus įvairių problemų sprendimui: duomenų pagrįstumui vertinti, rezultatų korekcijai atlikti, įvairių vienkartinio impulsų formavimui bei galimų klaidų rizikos minimizavimui. Kokybinių duomenų įterpimas dažnai naudojamas įvairiuose prognozavimo modeliuose ir scenarijuose: įtraukiami kokybiniai kintamieji, kuriais aprašomi sunkiai kiekybiškai išmatuojami veiksniai arba vienkartiniai impulsai. Taip pat kokybinių duomenų įterpimo būdu gali būti suformuojami įvairūs modelių apribojimai bei aprašomos papildomos korekcinės lygtys.

Pasirinkus taikyti mišrius tyrimo metodus, pirmas konkrečios metodologijos numatymo uždavinys yra, atsižvelgiant į tyrimo tikslą, parinkti tinkamą tyrimo struktūrą (angl. *Research Design*). Tyrimo struktūros pasirinkimas priklauso nuo konkrečių darbe keliamų uždavinių, naudojamų duomenų ir jų vertinimo metodų. Nors akademinėje literatūroje sutinkamos įvairiausios tyrimo struktūros, tačiau tradiciškai jos grupuojamos į keturis stambius struktūrų tipus: nuosekli, aiškinamoji, tiriamoji ir integruota. Tyrėjai Creswell, Clark (2007) šią tipologiją papildo, siūlydami šešias mišrių tyrimo metodų taikymo struktūras (2.2 pav.).

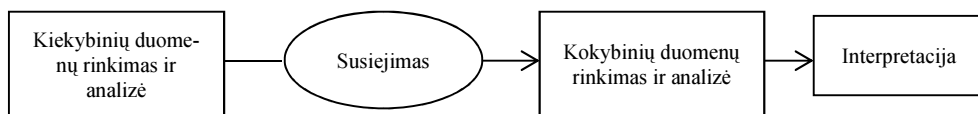
Konvergencinė paralelinė struktūra yra bene plačiausiai moksliniame diskurse paplitusi mišrių metodų taikymo struktūra, kuri pradėta naudoti XX a. aštuntame dešimtmetyje (Jick 1979). Ši tyrimo struktūra straipsniuose sutinkama įvairiais pavadinimais ir yra įvardijama kaip paralelinis tyrimas (Tashakkori, Teddlie 2009), konvergencijos modelis (Creswell 1999) ar lygiagreti trianguliacija (Creswell et al. 2003). Ji naudojama tuomet, kai tyrėjas tuo pačiu laiko momentu atlieka ir kokybinę, ir kiekybinę analizę, o jų rezultatus vertina vienodai, nesuteikdamas aiškaus prioriteto. Abiejų rūšių analizės yra atliekamos nepriklausomai viena nuo kitos, o duomenų suliejimas įvyksta tik paskutinėje stadijoje, kai

ateina metas interpretuoti gautus rezultatus. Tokiu atveju, remiantis kokybinės ir kiekybinės analizės duomenimis, formuojama viena bendra išvada.

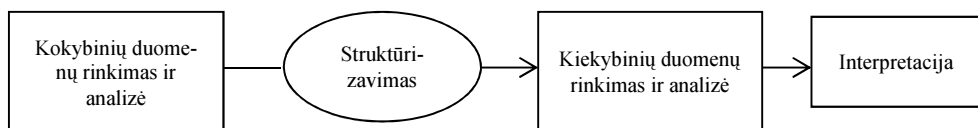
1. Konvergencinė paralelinė struktūra:



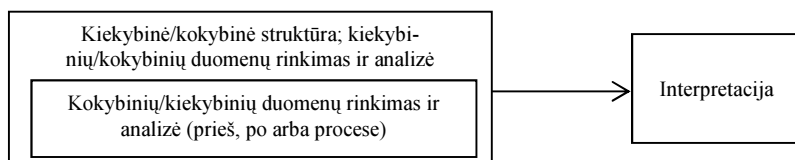
2. Nuosekli aiškinamoji struktūra:



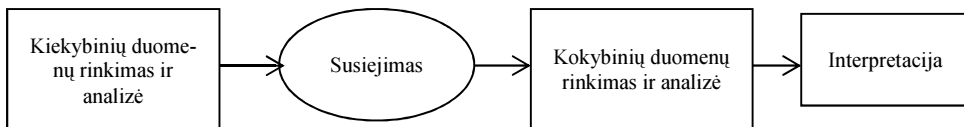
3. Nuosekli tiriamoji struktūra:



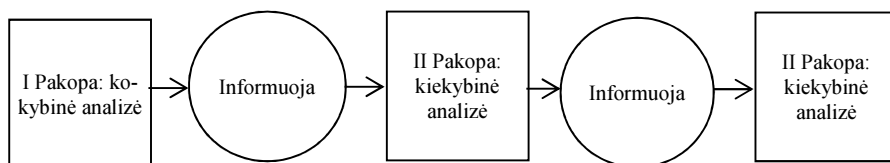
4. Integruota struktūra:



5. Kintanti struktūra:



6. Daugiapakopė struktūra:



2.2 pav. Mišrių metodų taikymo struktūros (šaltinis: Creswell, Clark 2007)

Fig. 2.2. Application structures for hybrid methods  
(source: Creswell, Clark 2007)

Konvergencinė paralelinė struktūra ypač paranki tiriant žmonių elgseną, pavyzdžiui, marketingo tyrimuose, kuriuose lygiagrečiai tiriama prekių paklausa ir atliekamos apklausos apie šių prekių kokybę.

Nuosekli aiškinamoji struktūra Tashakkori ir Teddlie (2009) yra įvardijama kaip nuoseklus modelis, o Greene (1997) vadina ją iteracine struktūra. Ji susidaro tuomet, kai tuo pačiu metu yra naudojamos dvi atskiros tyrimo rūšys. Tyrimo pradžioje renkami ir analizuojami kiekybiniai duomenys, kuriais siekiama atsakyti į tyrimo iškeltus klausimus. Antroje, vėlesnėje, stadijoje papildomai renkami ir analizuojami kokybiniai duomenys. Šiuo atveju kokybinė duomenų analizė remiasi kiekybinės analizės metu gautais rezultatais ir siekia patikslinti arba paaiškinti pastarosios pateiktus rezultatus. Pavyzdžiui, atliekamu tyrimu siekiama išsiaiškinti, nuo ko priklauso tam tikros prekės vartojimas, ir prognozuoti šios prekės vartojimą ateityje, tačiau atlikus koreliacinę analizę, gautas priklausomybės interpretuoti sunku, todėl papildomai atliekama kokybinė analizė – vartotojų ar ekspertų apklausos – praverčia darant išvagas. Šiuo atveju kokybinės analizės rezultatai naudojami kiekybinės analizės rezultatų interpretacijai ir patikimumui įvertinti. Tokio tipo tyrimo struktūra dažnai naudojama ir ekonometrijuose modeliuose siekiant įvertinti gautų lygčių adekvatumą.

Nuosekli tiriamoji struktūra, taip pat dviejų stadijų tyrimo struktūra, kai šios atliekamos nuosekliai viena po kitos. Ši struktūra straipsniuose taip pat dažnai įvardijama kaip instrumentinė vystymo struktūra (Creswell *et al.* 2004) ar kiekybinė papildanti struktūra (Morgan 1998). Priešingai nei nuoseklios aiškinamosios, nuoseklios tiriamosios struktūros pirmoje stadijoje yra atliekama kokybinė analizė. Pagal gautus rezultatus yra formuluojami patikslinti uždaviniai, kurių įgyvendinimui jau po to renkami ir analizuojami kiekybiniai duomenys. Iš tiesų šioje struktūroje kiekybinė analizė gali būti ir prioritetinga (pavyzdžiui, kai kokybinės analizės pagalba yra sudaroma kiekybinio tyrimo struktūra) tačiau dažniausiai visgi ji būna papildanti, tai yra, kai analizuojant kiekybinius duomenis, siekiama pagrįsti kokybinės analizės metu gautus rezultatus. Pavyzdžiui, siekiant išsiaiškinti pagrindines didelio avaringumo priežastis, yra atliekamos vairuotojų ir ekspertų apklausos, o pagal gautus kokybinės analizės rezultatus atliekama statistinė eismo įvykių analizė, kuri papildo ankstesnių apklausų rezultatus. Kitas pavyzdys: siekiant prognozuoti nekilnojamo turto kainas, pradžioje atliekama ekspertų paklausa, o pagal gautus rezultatus išskiriami pagrindiniai nekilnojamo turto kainą formuojantys veiksniai, kuriuos tiriant vėliau atliekama kiekybinių duomenų analizė.

Integruota struktūra naudojama tuomet, kai kokybiniai ir kiekybiniai duomenys yra analizuojami kartu, o kokybinė ir kiekybinė analizė papildo viena kitą (Caracelli, Greene 1997; Greene 2007), tai yra, viena iš jų laikoma prioritetinga, o kita – ją papildančia. Pavyzdžiui, kokybinės analizės metu gautus rezultatus galima suformuoti į kokybinius kintamuosius arba impulsus ir šiuos panaudoti

atliekant kiekybinę analizę arba atliekamą kokybinę analizę galima papildyti eksperimento ar atvejo analizės metu gautais duomenimis (Creswell et al. 2003). Tarkim, kad siekiame prognozuoti nekilnojamo turto kainas keliems metams į priekį, tačiau nežinome, kaip jas paveiks euro įvedimas ar kitas išorinis veiksnys. Tokiu atveju, remiantis ekspertine apklausa, suformuluojami impulsai, kurie panaudojami kiekybinėje analizėje.

Kintanti struktūra nėra sutinkama dažnai. Mokslininkai iki šiol nesutaria, ar ją vertėtų išskirti kaip atskirą tyrimo struktūros tipą, mat ji yra daugiau susijusi su pačiu tyrimo tikslu nei su jo struktūra (Teddle, Tashakkori 2009). Kai kurie mokslininkai ją priskiria prie standartinių tyrimo struktūrų (Creswell et al. 2003; Greene 2007; Greene, Caracelli 1997) ar netgi suvokia ją kaip svarbią kiekvienai atskirai tyrimo stadijai (Mertens 2003, 2009). Šios struktūros sudėtingą prigimtį lemia tai, kad ji naudojama tuomet, kai tyrėjas į atliekamą tyrimą žiūri per kitių teorinę prizmę, t. y. tyrimo nelaiko stacionariu laiko ar geografiniu požiūriu. Tokiu atveju visi sprendimai (stadijos, eiliškumas, duomenų sąsajos ir sintezė) yra priimami konkrečiam atvejui ir gali kisti laike ar erdvėje. Šio tyrimo struktūra laikoma vientisa, konkrečiai nenurodant prioritetiškumo, nuoseklumo ir laiko momento. Pavyzdžiui, tyrėjas siekia išsiaiškinti tam tikro visuomeninio judėjimo poveikį paauglių elgsenai. Tokiu atveju konkreti tyrimo struktūra priklausys nuo konkretaus laiko momento ar geografinės vietos, kurioje atliekamas tyrimas – juk įtaka gali kisti laike ir viename ar kitame mieste/rajone gali iš esmės skirtis.

Daugiapakopė struktūra. Nors ji dažniausiai nepriskiriama prie standartinių tyrimo struktūrų tipų (nuoseklios, aiškinamosios, tiriamosios ir integruotos) (Creswell, Clark 2011), bet ji gali būti pasirenkama tuomet, kai kokybiniai ir kiekybiniai tyrimai yra atliekami vienu metu arba nuosekliai vienas po kito. Daugiapakopė struktūra dažnai sutinkama labai dideliuose tyrimuose, prie kurių dirba keli ar keliolika mokslininkų. Ši struktūra gali apimti kelias anksčiau išvardintas struktūras, kai kokybiniai metodai papildo kiekybinius ar atvirkščiai, tačiau ji ypatinga tuo, kad skirtingose tyrimo stadijose taikomos skirtingos struktūros, o dažnai paskutinėje jos stadijoje naudojant mišrius metodus, analizuojami ir apibendrinami ankstesnių stadijų kokybinių ir kiekybinių analizių duomenys bei rezultatai. Pavyzdžiui, kokybinių metodų pagalba yra išskiriami pagrindiniai regresoriai, vėliau identifikuojamos tiesinės regresijos lygtis, tačiau paskutinėje stadijoje šių ir/ar papildomų duomenų pagrindu kuriami ateities scenarijai bei įžvalgos.

Rizikos vertinimo tyrimo struktūros (angl. *Research Design*) specifika. Mišrių tyrimo metodų struktūros dažniausiai yra pritaikytos marketingo, ekologijos, socialiniams ir psichologiniams tyrimams. Nors konkrečiais atvejais rizikos vertinimas dažniausiai siejamas su kiekybine analize, bet kokybinis rizikos vertinimas neretai sutinkamas globalesniuose tyrimuose. Dažni pavyzdžiai, kai šalies regiono ar pramonės šakos nagrinėjamos, atliekant SSGG analizę, o



ilgalaikių tendų identifikavimui naudojamas ekspertinis vertinimas. Atsižvelgiant į tai, investicijų į AIE rizikos vertinimui ne visos tyrimo struktūros yra tinkamos. Kadangi rizikos vertinimas yra pakankamai aiškiai interpretuojamas, nėra prasmės naudoti nuoseklią aiškinamąją ar paralelinę konvergencinę struktūras. Be to, rizikos dažniausiai apibrėžiamos tos pačios šalies mastu ir laike stipriai nekinta, todėl kintančios struktūros tyrimas taip pat nėra tinkamas. Nuosekli tiriamoji struktūra yra palanki rizikos veiksnių identifikavimui ir jų svarbos įvertinimui. Generatorių nusidėvėjimo laikotarpis apima 20 ir daugiau metų, todėl AIE projektų atveju yra svarbu gebėti prognozuoti ilgalaikius trendus bei ateities kainas. Kadangi šių tendų identifikavimui galima naudoti tiek kiekybinius, tiek kokybinius duomenis, todėl tokiam tyrimui atlikti yra patogi integruota tyrimo struktūra. Tam tikro atsitiktinio įvykio padaromą žalą geriausiai apskaičiuoti, remiantis kiekybiniais duomenimis, tačiau šio įvykio tikimybę įvertinti kiekybiškai kartais yra sudėtinga, todėl kelių rizikos veiksnių su netiksliai apibrėžtomis tikimybėmis rizikos įvertinimui paranku naudoti scenarijų ar kelių žemėlapių metodus. Tokiu atveju yra tinkama ir daugiapakopė tyrimo struktūra.

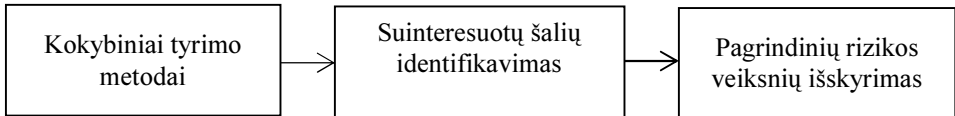
Apibendrinant galima teigti, kad investicijų į AIE sektorių vertinimui tinkamiausia yra daugiapakopė rizikos vertinimo struktūra, kuri skirtinguose etapuose integruoja nuoseklią tiriamąją ir integruotą tyrimo struktūras.

## **2.4. Tyrimo struktūra ir konceptualus rizikos vertinimo modelis**

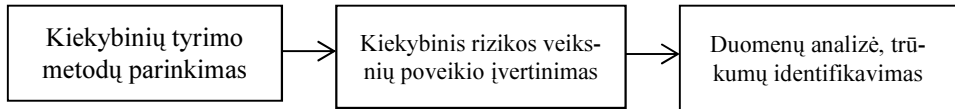
Atlikta tyrimo metodų analizė parodė, kad investicijų į AIE rizikos vertinimui tinkamiausia yra daugiapakopė tyrimo struktūra, apjungianti kokybinius ir kiekybinius metodus. Tolimesnei analizei pasitelkiama tokia tyrimo struktūra (2.3 pav.).

Pirmajame mišraus rizikos vertinimo etape yra atliekama kokybinė analizė, kurios pagrindu identifikuojamos suinteresuotosios šalys ir išskiriami pagrindiniai rizikos veiksniai. Remiantis literatūros analize ir esama praktikabuvo išskirta 10 pagrindinių rizikos tipų, kuriems priskirti 25 rizikos veiksniai. Didelis rizikos tipų ir rizikos veiksnių skaičius komplikuoja rizikos vertinimą, o tai gali sąlygoti nepagrįstai aukšto rizikos lygio nustatymą. Kaip parodė literatūros analizė, skirtingoms suinteresuotoms šalims gali egzistuoti skirtingi rizikos tipai ir veiksniai, todėl identifikavus pagrindines suinteresuotų šalių grupes tikslinga atlikti kokybinę analizę, kurios pagalba išskiriami pagrindiniai konkrečiai suinteresuotai šaliai aktualūs rizikos veiksniai, įvertinama jų svarba ir išskiriami specifiniai AIE projektams būdingi rizikos veiksniai.

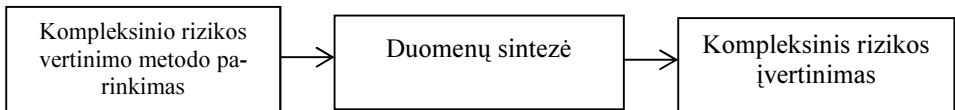
I etapas:



II etapas:



III etapas:



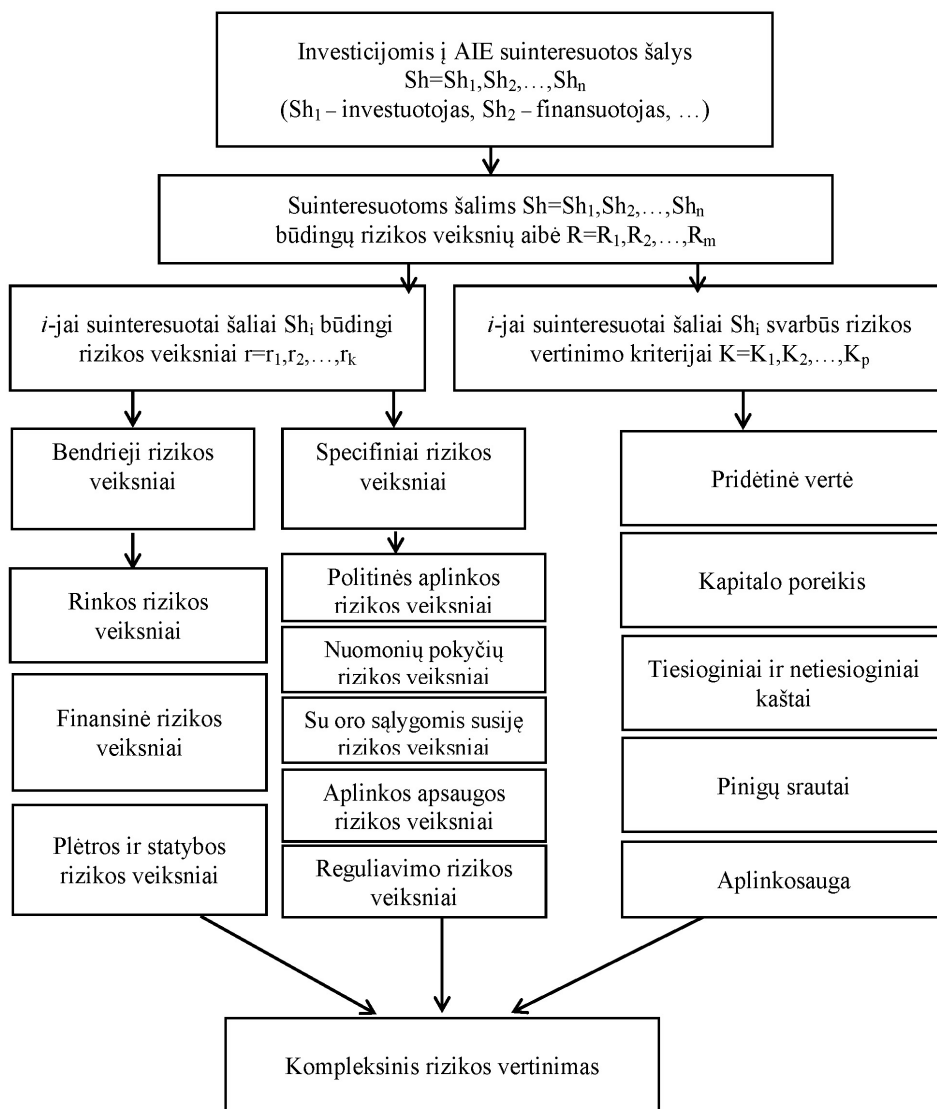
**2.3 pav.** Investicijų į AIE mišraus rizikos įvertinimo tyrimo struktūra  
(šaltinis: autorius)

**Fig. 2.3.** Research design for investments in RE (source: author)

Investicijų finansinių rodiklių nustatymui ir pirmame etape išskirtų svarbiausius rizikos veiksnių poveikių suinteresuotoms šalims įvertinimui, antrame mišraus rizikos vertinimo etape yra parenkami tinkami kiekybiniai metodai. Pagal gautus rezultatus išskiriami veiksnių poveikiai, kurie turi esminės įtakos investicijų rizikai, ir kiekybiniais metodais šiems vektoriams priskiriamos jų pasirodymo tikimybės. Paskutinėje antrojo etapo dalyje atrenkami rizikos veiksniai, kurių poveikių ar pasirodymo tikimybių įvertinimui reikia papildomos kokybinės analizės.

Trečiame etape yra parenkamas kompleksinio rizikos įvertinimo metodas, kuris apjungia skirtingų rizikos veiksnių poveikius ir jų pasirodymo tikimybes. Toliau yra atliekama papildoma kokybinė analizė, sintezuojami kokybiniai ir kiekybiniai duomenys bei eliminuojami skirtingų rizikos veiksnių aibių persidengimai. Paskutinėje trečiojo etapo dalyje kiekvienai suinteresuotai šaliai yra atliekamas kompleksinis rizikos įvertinimas.

Remiantis atlikta tyrimo metodų analize ir parinkta daugiapakopė tyrimo schema sudarytas investicijų į AIE konceptualus rizikos vertinimo modelis, kuris apjungia kokybinius ir kiekybinius rizikos vertinimo metodus bei atsižvelgia į AIE projektų specifikai būdingus rizikos veiksnius (2.4 pav.).



**2.4 pav.** Investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką konceptualus rizikos vertinimo modelis (šaltinis: autorius)

**Fig. 2.4.** Conceptual risk assessment model for investments in renewable energy (source: author)

## 2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. Rizikos ir neapibrėžtumų vertinimui taikomi trijų vienas kitą papildančių tipų metodai: kiekybiniai, kokybiniai ir jų sintezė, – vadinamieji mišrūs metodai. Taikant mišrius metodus, naudojami tiek kokybiniai, tiek ir kiekybiniai metodai, papildantys vieni kitus. Kompleksinis kokybinių ir kiekybinių metodų taikymas padidina duomenų patikimumą ir palengvina rezultatų interpretaciją, taip užtikrinant tikslesnį rizikos įvertinimą.
2. Kokybiniai analizės metodai dažniausiai susiję su nuomonių apklausomis ir ekspertiniu vertinimu, todėl paprastai taikomi neapibrėžtų ir tiesiogiai neišmatuojamų kintamųjų vertinimui. Investicijų į AIE atveju, rizikos vertinimui kokybinės analizės metodai taikomi, identifikuojant rizikos veiksnius ir įvertinant jų svarbą. Be to, kokybiniai ir mišrūs metodai iš dalies panaudojami tam tikrų rizikos veiksnių pasirodymo tikimybių įvertinimui.
3. Išanalizavus dažniausiai taikomus kiekybinius rizikos vertinimo metodus (standartinis nuokrypis su modifikacijomis, VaR, rizikos metrikos ir kt.), investicijų į AIE rizikos vertinimui kiekybinius metodus buvo pasirinkta taikyti konkrečių rizikos veiksnių potencialaus poveikio nustatymui. Kompleksiškai vertinant investicijų į AIE projektus riziką, buvo sujungiami visi trijų tipų metodai, tad tyrimas pasižymi daugiapakope tyrimo struktūra. Atskiruose tyrimo etapuose buvo taikomos nuosekli tiriamoji ir integruota tyrimo struktūros.
4. Mišrių rizikos vertinimo metodų taikymas leidžia pasirinkti tinkamiausius duomenų rinkimo ir analizės metodus, kas ypatingai svarbu, kai susiduriama su ribotu duomenų pasirinkimu arba neapibrėžtu tokių duomenų patikimumu. Vienas iš aktualių mišrių metodų taikymo pavyzdžių yra analizuojamų duomenų sintezė: bendras skirtingų duomenų tipų panaudojimas geriau atspindi tiriamą problemą negu kiekvienas duomenų tipas atskirai. Dažniausiai išskiriami trys pagrindiniai duomenų sintezės būdai: duomenų suliejimas, sujungimas ir įterpimas, kurių taikymas konkrečiu atveju priklauso nuo turimų duomenų specifikos.
5. Taikant mišrius tyrimo metodus, vienas svarbiausių metodologinių uždavinių yra tinkamos tyrimo struktūros parinkimas. Literatūroje išskiriamos šešios pagrindinės tyrimo struktūros: konvergencinė paralelinė, nuosekli aiškinamoji, nuosekli tiriamoji, integruota struktūra, kintanti ir daugiapakopė struktūra. Investicijų į AIE rizikos vertinimo

atveju ne visos tyrimo struktūros yra tinkamos, tad siekiant kompleksiskai įvertinti AIE projektų riziką, atliekamam tyrimui tinkamiausia yra daugiapakopė tyrimo struktūra, nors atskiruose tyrimo etapuose galima taikyti ir nuoseklią tiriamąją ir integruotą tyrimo struktūras.

6. Kompleksiniam investicijų į AIE rizikos įvertinimui kaip tinkamiausia buvo pasirinkta daugiapakopė tyrimo struktūra ir pagal ją sudarytas konceptualus rizikos vertinimo modelis, kuris kiekvienai suinteresuotai šaliai atskirai vertina investicijų į AIE sukuriamą vertę, išskiria pagrindinius rizikos veiksnius, nustato tikėtiną jų poveikį ir kompleksiskai įvertina suinteresuotai šaliai tenkančią riziką. Kompleksiniam rizikos įvertinimui skirtingose tyrimo pakopose naudojami kokybiniai, kiekybiniai ir mišrūs rizikos įvertinimo metodai.



---

## **Investicijų į Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos modeliavimas**

Apžvelgus investavimo projektų rizikos vertinimo modelio kūrimo principus ir prielaidas, rizikos matavimo metodologijas ir metodus, kuriame modelio struktūros ir parametrų specifikacijai pasirinktas daugiausia investicijų Lietuvoje ir pasaulyje sulaukiantis AIE technologijų tipas – vėjo energetika. Be to, šis energetikos tipas atitinka Lietuvos klimato ir geografinės sąlygas, todėl remiantis daugelio tyrimų išvadomis, vertinamas kaip perspektyviausias AIE energetikos tipas elektros energijos gamybai Lietuvoje. Kadangi kiekvienas AIE projektas yra unikalus ir priklauso nuo geografinės padėties, taikomo paramos mechanizmo ir naudojamos technologijos, disertacijos analitinėje dalyje yra naudojami vieno didžiausių Lietuvoje jau keletą metų veikiančio vėjo jėgainių parko empiriniai duomenys kartu su Lietuvos banko, komercinių bankų ir Statistikos departamentų duomenimis.

Vėjo energetika yra laikoma viena iš pagrindinių ateities elektros energijos generavimo technologijų. ES iki 2020 m. planuojama įdiegti apie 180 GW vėjo jėgainių parkų, kas sudarytų nuo 10 % iki 15 % visų naujai įdiegtų elektros energijos pajėgumų (European Commission 2006). Remiantis Pasaulinės vėjo tarybos (GWE 2006) prognozėmis, 2020 m. vėjo jėgainių parkai pasaulyje gene-

ruos apie 16 % elektros energijos. Lietuvoje vėjo jėgainės taip pat yra viena iš sparčiausiai besiplečiančių atsinaujinančių išteklių energijos gamybos technologijų: šalies statistikos departamento duomenimis, vėjo jėgainėse 2010 m., palyginti su 2009 m., buvo pagaminta 43 % daugiau elektros energijos, kuri sudarė 3,9 % visos šalyje gaminamos elektros energijos. Kadangi vėjo energetikai tiek Lietuvoje, tiek pasaulyje tenka didžioji dalis AIE tenkančių investicijų, šiame darbe apsiribosime vėjo energetikos projektų Lietuvoje sukuriamos vertės ir rizikos įvertinimu.

Skyriaus tematika paskelbtos keturios autoriaus mokslinės publikacijos (Burinskienė, Rudzkis 2010; Rudzkis, Macijauskas 2012; Burinskienė, Rudzkis, Kanopka 2014; Jankauskas, Kanopka, Rudzkis 2014).

### **3.1. Vėjo jėgainių parko sukuriama vertė**

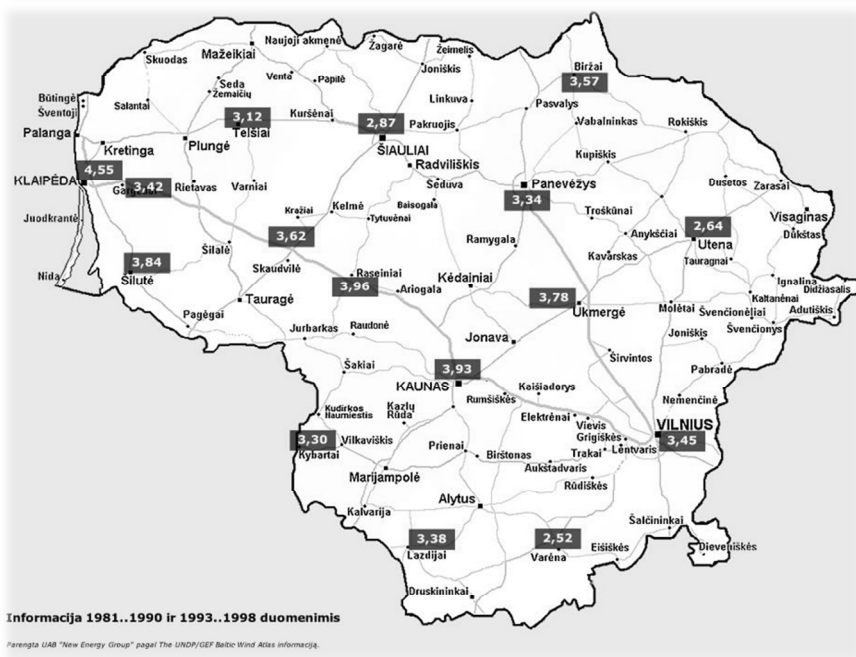
Kadangi rizika yra tiesiogiai susijusi su vertės pokyčiu, investicijų sukuriama vertė yra neatsiejama rizikos vertinimo proceso dalis. Investicijų į AIE sukuriamą vertę priklauso nuo daugelio aspektų: naudojamos technologijos, vietovės, šalies ūkio specifikos, taikomos AIE paramos schemos ir kt. Todėl norint nustatyti investicijų į AIE sukuriamą vertę, reikia atskirai vertinti kiekvieną technologiją konkrečioje šalyje.

#### **3.1.1. Vėjo resursų generacijos efektyvumas Lietuvoje**

Esminis faktorius, darantis įtaką vėjo energetikos investicijų pelningumui yra vietiniai vėjo energijos resursai – vėjo greičio skirtumai akivaizdžiai paaiškina įvairiose valstybėse pagaminamos energijos iš šių resursų kainų skirtumus. Vėjo energetikos vystymui Lietuva turi blogesnes gamtines sąlygas, nei kaimyninės Latvijos ar Estijos šalys (Thomson, Kallis 2011). Tai sąlygoja trumpa Lietuvos pajūrio zona (apie 90 km ilgio) ir faktas, kad nuo pajūrio judant gilyn į žemyno pusę, vėjo greitis ženkliai mažėja (Marčiukaitis 2011; Sankauskas 2011).

Siekiant nustatyti esamus vėjo energijos resursus Lietuvoje, buvo atlikta eilė studijų, kurias rėmė įvairios UNDP programos (Rathman 2003). Remiantis hidrometeorologinių stočių matavimais, atliktais 10 metrų aukštyje virš žemės paviršiaus, buvo teigiama, kad šalyje vėjo parametrai nėra tinkami pramoninei vėjo energetikai plėtoti. Kaip iliustruoja 3.1 paveikslas, vyraujantis vėjo greitis Lietuvos žemyninėje dalyje tėra 2,52–4,55 m/s.





**3.1 pav.** Vėjo greitis Lietuvos žemyninėje dalyje, matuota 10 m. aukštyje (šaltinis: Rathman, 2003)

**Fig. 3.1.** Wind speed of the Lithuanian onshore zone measured at 10 m a.g.l.  
(source: Rathman, 2003)

Vėlesni vėjo matavimai, atlikti 1996–1997, parodė, kad Lietuvos pajūryje 50 metrų aukštyje vėjo greitis siekia 7,4 m/s (Institute for Energy Technology 1996). Nors, remiantis vėjo matavimais sėkminga vėjo energetikos plėtotė Lietuvoje galima tik tam tikruose regionuose, planuojama, kad tobulėjant technologijoms ir didėjant vėjo jėgainių aukščiui, vėjo energetikai plėtoti gali būti pritaikyta ne tik siaura pajūrio zona, bet ir visa likusi Lietuvos teritorija. Siekdama reguliuoti vėjo energetikos plėtros procesą, LR Vyriausybė 2004 m. priėmė nutarimą, kuriuo numatė 6 vėjo energetikos plėtros zonas ir nustatė jose planuojamos įrengti galios kvotas. Keturios iš šių zonų yra pajūryje, o dvi apima kitą Lietuvos teritorijos dalį.

Atlikti daugiamečiai vėjo greičio matavimai pajūrio zonoje, Klaipėdos rajone netoli Girulių, parodė, kad 1995–2003 m. vidutinis metinis vėjo greitis buvo 6,4 m/s. Nors momentinis greitis skirtingu metu svyruoja iki 50 %, tačiau metinis jo dydis kinta mažai. Mažiausias vėjo greitis fiksuojamas vasarą, o didžiausias – žiemą.

Kadangi Baltijos jūroje ir Kuršių mariose vidutinis vėjo greitis siekia 8 m/s, šioje teritorijoje vėjo jėgaines įrengti būtų ekonomiškai naudingiausia, tačiau dalis šios investuotojams patrauklios teritorijos įeina į saugomų teritorijų sąrašą, todėl vėjo energetikos plėtotė joje draudžiama. Patraukliausios sąlygos plėtoti vėjo energetiką žemyninėje dalyje randamos apie 50 km. kranto linijos plote (Markevičius et al. 2007; Katinas et al. 2010), tačiau svarbu yra suvokti, kad konkrečios vėjo turbinos mikrolokacija šiame regione taip pat yra esminis rodiklis, veikiantis viso projekto finansinę sėkmę. Kaip rodo vėjo greičio matavimai likusioje šalies teritorijoje, vėjo greitis jose nepasiekia minimalaus reikalingo lygio, tad ir vėjo energetikos plėtojimo sąlygos tose apylinkėse yra tik patenkinamos.

Kita vertus, meteorologijos stočių matavimo duomenys rodo, kad ir ant aukštesnių kalvų ar atvirose, neužstatytose vietovėse dažniausiai galima rasti vėjo jėgainių statybai tinkamesnių vietų, nei prognozuoja bendri greičio matavimo duomenys. Tad visgi kiekvienas vėjo energetikos projektas yra unikalus, nes jis realizuojamas skirtingose geografinėse vietovėse, kuriose skiriasi vėjinumas, poreikis infrastruktūrai bei kiti svarbūs parametrai. 3.2 paveikslas vaizdžiai parodo, kaip vėjo energetikos plėtojimo sąlygos skiriasi ES valstybėse ar jų regionuose.



**3.2 pav.** Vėjo greitis skirtingos ES šalių vietovėse (šaltinis: „BanksRenewables“)

**Fig. 3.2.** Wind speed in different locations within the EU  
(source: “BanksRenewables”)

Analizuojant galimą tokių projektų sėkmę yra svarbu įvertinti ir laiko faktorių, nes technologijų išsivystymas, o tuo pačiu ir jų kaina, sparčiai kinta. Europoje pastaraisiais metais žalioji energija tapo prioritetine energijos gamybos plėtros kryptimi, tad investicijos į vėjo energiją kiekvienais metais didėja, kas lemia greitai didėjančią energijos gamybos agregatų paklausą, o tai, savo ruožtu, veikia ir jų kainą. Dėl šių priežasčių norėdami įvertinti vėjo elektrinių finansinius parametrus šioje disertacijoje remsimės jau egzistuojančio vėjo jėginių parko finansinėmis ir techninėmis charakteristikomis.

### 3.1.2. Investicijų komponentai

Vystant vėjo elektrinių projektus, pagrindinės investicijos yra dvejopos: generatoriaus bokštas, jo statyba ir investicijos į infrastruktūrą. Investicijos į elektros generatorių yra tiesiogiai susijusios su elektros energijos gamyba, todėl jos yra gana aiškiai apibrėžtos. Tuo tarpu investicijos į infrastruktūrą, apimančios poveikio aplinkai vertinimą, kelių tiesimą ir kt., kiekvienu atveju yra unikalios ir jos santykinai mažėja vystant didesnę vėjo jėginių parką. Šioje disertacijoje vertinant investicijas į infrastruktūrą daroma prielaida, kad bus vystomas 30 MW (15 jėginių po 2MW) vėjo jėginių parkas. Vystant vėjo jėginių parką, didžioji investicijų dalis (apie 90 %) tenka generatoriui, tuo tarpu investicijos į infrastruktūrą siekia vos 10 % (3.1 lentelė). Tačiau šis santykis gali kisti – vystant mažą projektą, išlaidos infrastruktūrai gali išaugti iki daugiau nei 20 %.

**3.1 lentelė.** Investicijų poreikis 1 kW instaliuotos galios, EUR (šaltinis: UAB „IRL Wind“)

**Table 3.1.** Investment needed per 1 kW installed energy, in EUR (source: UAB „IRL Wind“)

Investicijų tipas	EUR/kW
Elektrinė	1300–1500
Transformatorinė	33
Transformatorius	20
Keliai	28
Kabelių tiesimas	30
Sklypo paruošimas	40
Kitos išlaidos	10
Viso	1461 – 1661

Vertinant bendrą investicijų poreikį, 1 kW instaliuotos galios reikia 1400–1700 EUR, iš kurių 1300–1500 EUR tenka elektros energijos generatoriui įsigyti.

Bendrieji kaštai. Vertinant bendras išlaidas, tenkančias 1kW instaliuotos galios, didžiausia dalis tenka bankui, kuriam dažniausiai tenka iki 84 % bendrųjų kaštų (Blanco 2009). Analizuojamu atveju įmoka bankui sudaro apie 83 % visų išlaidų, kai tuo tarpu visos kitos tesiekia 17 %. Vadinasi didžiausią įtaką bendriesiems kaštams daro palūkanų norma, kurios kitimas gali turėti esminės įtakos projekto pelningumui. Skaičiuojant palūkanų norma 4 %, o paskolos terminą laikant identišku nusidėvėjimui – 20 metų, bendrosios metinės išlaidos siektų apie 129 EUR/kWh.

Skirtingai negu tradiciniuose elektros energijos generatoriuose, vėjo energetikoje elektros energijos gamyba nėra aiškiai prognozuojama, tad efektyvumo koeficientas kinta priklausomai nuo geografinės vietos bei konkrečiu laiko momentu vyraujančių vėjų. Tad konkrečioje vietovėje instaliuoto vėjo generatoriaus gaminamos elektros energijos kiekis yra stacionarus atsitiktinis procesas, todėl remiantis ilgalaikio stebėjimo duomenimis galima statistikai įvertinti vidutinį jo efektyvumą ir galimas paklaidas.

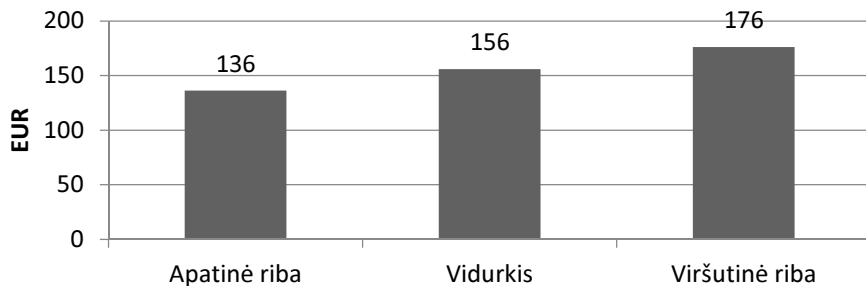
Atsižvelgiant į vėjo jėgainių vidutinio efektyvumo įverčius, galima prognozuoti ir vidutinės vėjo jėgainių parko generuojamas pajamas. Lietuvoje vėjo jėgainių pagaminta elektros energija yra subsidijuojama: 2013 m. didelės galios (didesnių negu 350 kW) vėjo elektrinių energija vidutiniškai buvo superkama po 71 EUR/MWh. Be to, aplinkos taršą mažinantys projektai papildomai gauna taršos mažinimo vienetus (TMV), kuriuos gali parduoti rinkoje (Anderson 2007, Grainger, Kolstas 2010). Vadinasi, vėjo jėgainių parko pajamos susideda iš dviejų dalių, susijusių su efektyvumo koeficientu, o TMV dar priklauso ir nuo rinkos kainos:

$$R = f(E, TMV), \quad (3.1)$$

čia  $R$  – vidutinės vėjo jėgainių parko pajamos,  $E$  – efektyvumas, o  $TMV$  – taršos mažinimo vieneto rinkos kaina. Įvertinus empirinius vėjo jėgainių parko duomenis, galime numatyti apatinę ir viršutinę vidutinių metinių pajamų ribas:

$$P((\bar{E} - 1,96SEM)(p + 0,626\overline{TMV}) < R < (\bar{E} + 1,96SEM)(p + 0,626\overline{TMV})) = 0,95 \quad (3.2)$$

Čia  $P$  – atsitiktinio įvykio tikimybė,  $SEM$  – vidurkio kvadratinis nuokrypis,  $\bar{E}$  – efektyvumo empirinis vidurkis,  $p$  – elektros supirkimo kaina,  $\overline{TMV}$  – prognozuojama vidutinė TMV rinkos kaina,  $R$  – vidutinės metinės pajamos. Remiantis (3.2) formule, galima įvertinti vidutinių metinių pajamų apatinę ir viršutinę ribas (3.3 pav.).



**3.3 pav.** Vidutinių metinių pajamų ribos, 1 kW instaliuotos galios, EUR  
(šaltinis: autorius)

**Fig. 3.3.** Average annual income limits, 1 kW of installed capacity, in EUR  
(source: author)

Atsižvelgiant į vidutinį vėjo jėgainių parko efektyvumą, 1 kW instaliuotos galios per metus su 95 % tikimybe turėtų pagaminti nuo 1,82 iki 2,36 MWh elektros energijos. Darant prielaidą, kad vienas TMV kainuos apie 6 EUR, bendros vidutinės pajamos ilguoju laikotarpiu turėtų būti tarp 136 ir 176 EUR/kW, vidutiniškai – apie 156 EUR/kW.

### 3.1.3. Pinigų srautai ir esamoji projekto vertė

Dabartinė projekto vertė priklauso nuo pinigų srautų, kurie bus generuojami ateityje (Agar 2005). Remiantis anksčiau pateiktais skaičiavimais, vidutinės metinės pajamos turėtų siekti nuo 136 iki 176 EUR/kWh, tuo tarpu vidutinės metinės išlaidos turėtų sudaryti apie 129 EUR/kWh. Vadinasi, vidutinis metinis pinigų srauto dydis turėtų siekti nuo 8,63 iki 48,56 EUR/kWh. Be to, reikia įvertinti ir projekto likutinę vertę po 20 metų, nes likusi infrastruktūra, nuomos sutartys, atlikti poveikio aplinkai vertinimai bei generatorius, kuris tikėtina dar gali veikti kelis metus, turi didesnę nei nulinę vertę. Bendrą dabartinę projekto vertę galima įvertinti diskontuotų pinigų srautų metodu:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF}{(1+l)^i} + CR^* \quad (3.3)$$

Čia  $NPV$  – dabartinė projekto vertė, paremta ateities pinigų srautais,  $n$  – metų skaičius,  $i$  – laiko momentas,  $l$  – diskonto norma,  $CR^*$  – projekto likutinė vertė dabartiniu laiko momentu.

Norint įvertinti dabartinę projekto vertę, būtina apibrėžti kelis kintamuosius: projekto laikotarpį, ateities pinigų srautus, diskonto normą ir projekto likutinę vertę dabartiniu laiko momentu. Skaičiuojant dabartinę vertę naudosime anksčiau pateiktuose skaičiavimuose įvertintus pinigų srautus bei laikotarpį, tačiau prieš tai dar reikia parinkti tinkamą diskonto normą bei įvertinti projekto dabartinę likutinę vertę. Šiam projektui galima naudoti standartinę 5 % diskonto normą, kuri bus nežymiai mažesnė už naudojamą palūkanų normą. Projekto likutinę vertę reikėtų suskaidyti į dvi dalis: infrastruktūrą ir generatoriaus likutinę vertę. Šiame darbe infrastruktūros likutinę vertę duotuoju laiko momentu prilyginsime 161 EUR/kWh, t. y. pradinei investicijų sumai (be generatoriaus). Šiuo atveju daroma prielaida, kad infrastruktūros vertė vidutiniškai augs diskonto normos dydžiu, o investicijos į transformatorius bus vertinamos per naudos gavimo priznę, todėl nusidėvėjimas neskaičiuojamas. Generatoriaus likutinę vertę reikėtų vertinti kaip tikimybę, kad generatorius per 20 metų visiškai nenusidėvės ir galės būti naudojamas ilgiau. Tokiu atveju reikėtų įvertinti kiekvienų pridėtinųjų metų veikimo tikimybes ir pagal jas apskaičiuoti potencialias galimas diskontuotas pajamas.

$$CR^G = \sum_{i=21}^n \frac{CF_i * p_i}{(1+l)^i} \quad (3.4)$$

Čia  $CR^G$  – generatoriaus likutinė vertė,  $i$  – laiko momentas,  $CF_i$  – grynasis pinigų srautas  $i$ -taisiais metais,  $p_i$  – tikimybė, kad  $i$ -taisiais metais generatorius veiks,  $n$  – metų skaičius, kai  $p_n > 0$ .

Paprastumo dėlei apibrėžkime, kad 21 metų tikimybė lygi nuliui, tad tokiu atveju ir likutinė generatoriaus vertė lygi 0. Remiantis pateiktomis prielaidomis ir formule (3.4), galima įvertinti, kad projekto vidutinė vertė šiuo laiko momentu turėtų būti tarp 266 ir 753 EUR/kWh, tad vidutiniškai – apie 508 EUR/kWh.

Remiantis gauta dabartine projekto verte, galima teigti, kad vėjo energetikos plėtojimui Lietuvoje yra sudarytos palankios finansinės sąlygos – investuotojui tenka apie 508 EUR sukuriama vertė 1 kW instaliuotos galios.

Tačiau vertinant vėjo jėgainių parką ne kaip valstybės subsidijuojamą, o kaip komercinį projektą, kuris pagaminatą elektros energiją parduoda laisvos rinkos dėsniais veikiančioje biržoje, situacija keičiasi iš esmės. 2011 m. Lietuvos elektros biržoje vidutinė elektros energijos kaina siekė apie 48,8 EUR/MWh, tuo tarpu vėjo energija yra superkama už maždaug 71 EUR/MWh. Elektros energijos generavimo vėjo elektrinėje savikaina siekia nuo 54,1 iki 70 EUR/MWh. Taigi vėjo energija yra superkama vidutiniškai 45 % brangiau negu rinkos kaina, o generavimo savikaina yra vidutiniškai 25 % brangesnė už vidutinę kainą elektros biržoje. Pasinaudojus diskontuotų pinigų srautų metodu (DCF), galima įver-

tinti, kad naujo vėjo jėgainių parko subsidijų vertė esamu laiko momentu sieks nuo 492 iki 636 EUR, skaičiuojant 1 kW instaliuotos galios. Vadinasi, valstybės subsidijos vertė yra didesnė nei projekto vystytojų gaunama nauda. Vertinant iš vartotojo pozicijų, vėjo energetika yra komerciškai nepatraukli, jeigu jos sukuriamą vertę yra grindžiama tik kaštų ir naudos principu. Tačiau akivaizdu, kad vėjo energetikos plėtojimas sukuria ir netiesioginę naudą – skatina gamybą, mažina taršą ir panašiai. Todėl vėjo energetikos poveikį derėtų įvertinti platesniu aspektu. Taigi vertinti svarbu ne tik generuojamos elektros kainą bei pinigų srautus, tačiau ir jos sukuriamą vertę visoms procese tiesiogiai ir netiesiogiai dalyvaujančioms šalims, kurias aptarsime paėiliui.

Investuotojas. Kadangi šioje disertacijoje investuotojas suprantamas kaip projekto vystytojas, kuris organizuoja vėjo jėgainių parko statybas ir eksploatuoja parką visą laikotarpį, investuotojo naudą galima apibrėžti itin paprastai – per ateities pinigų srautus. Pritaikius DCF metodą galime teigti, kad investuotojui sukuriamą vertę yra tarp 266 ir 753 EUR/kW, priklausomai nuo faktinio vėjo jėgainių parko efektyvumo.

Finansuotojas šiuo atveju suprantamas kaip finansinė institucija, kredituojanti vykdomą projektą. Finansuotojas gauna tiesioginę naudą, priklausančią nuo kredito dydžio, kredito palūkanų ir finansuotojo nuosavo kapitalo kaštų. Lietuvos banko duomenimis vidutinė paskolų palūkanų norma juridiniams asmenims ilgesniam negu 5 metų laikotarpiui yra apie 4 %, o 6 mėnesių tarpbankinė palūkanų norma eurai siekia apie 0,4 %. Pritaikius DCF metodą, finansuotojui tenkanti vėjo energetikos projekto sukuriamą vertę siekia apie 367 EUR/kWh.

Viešasis sektorius darbe suprantamas plačiąja prasme: jis apima elektros energijos vartotojus, elektros energijos sistemos stabilumą užtikrinančias valstybines įmones, visuomenę ir šalies ūkį. Investicijų į vėjo elektrinę sukuriamą vertę viešajam sektoriui įvertinti sudėtinga, nes tai apima daugelį veiksnių. Elektros energijos kainų įtaką galima gana aiškiai apibrėžti, tačiau taip pat svarbu įvertinti investicijų poveikį ekonomikos atžvilgiu ir „žalios energijos“ teikiamą naudą visuomenei. Kadangi vėjo energija yra „žalia energija“, mažinanti aplinkos taršą, jos sukuriamą vertę visuomenei galima įvertinti per taršos mažinimo vienetų: laikoma, kad 1 MWh vėjo elektrinėse pagaminamos elektros energijos oro taršą sumažina apie 0,63 t CO<sub>2</sub>. Šiuo atveju visuomenei sukuriamą vertę tiksliau būtų apskaičiuoti ne per taršos mažinimo vienetų, o per taršos leidimus (ATL), kuriais yra prekiaujama biržoje. Nors šių leidimų kaina svyruoja, bet remsimės 2011 m. duomenimis, kai vidutinė ATL kaina siekė apie 30 EUR. Vėlgi pritaikius DCF metodą, gauname, kad naujos vėjo jėgainės sukuriamą vertę siekia nuo 417 iki 539 EUR/kW.

Nepamirškime, kad vėjo energija dėl savo stochastinės prigimties daro neišvengiamą įtaką elektros energijos sistemos darbui, dėl ko elektros energijos sistemos balansuotojai ir galios rezervo užtikrintojai patiria papildomus kaštus. Re-

miantis Holttinen ir Stenberg (2011) skaičiavimais, papildomi vėjo energijos rezervo ir balansavimo kaštai Suomijoje siekia apie 1,3 EUR/MWh, tad pritaikius šiuos duomenis ir pasitelkus DCF metodą gauname, kad bendri balansavimo nuostoliai valstybei sieks apie 16 EUR/MWh.

Vertinant vėjo energetikos projektų sukuriamą vertę viešajam sektoriui, reikia atsižvelgti ir į jos poveikį šalies ūkiui. Vėjo energetikos vystymas daro sisteminių poveikį ekonomikai, veikdamas užsienio prekybą, kurdamas naujas darbo vietas, vystydamas technologijas, skatindamas gamybą ir pan. Tad dėl daugybės veiksmų šalies ūkiui sukuriamą vertę įvertinti yra sudėtinga. Pavyzdžiui, poveikis užsienio prekybai ir pramonei priklauso nuo to, ar naudojamos technologijos yra vietinės gamybos ar importuojamos, sukuriamų darbo vietų skaičius priklauso nuo to, kas vykdys projekto priežiūrą ir kt. Be to, bendras poveikis nėra vienkartinis impulsas ir turėtų būti nagrinėjamas kaip tęstinis reiškinys, priklausantis nuo šalies ūkio specifikos. Todėl kiekvienos valstybės atveju bendrą poveikį šalies ūkiui reikėtų modeliuoti atskirai, įvertinant tokius faktorius kaip nedarbo lygis, BVP struktūra ir kt., o tai reikalauja sudėtingos analizės, todėl šioje disertacijoje daugiau to nebus nagrinėjama.

### **3.2. Kokybinių rizikos vertinimo metodų taikymas atsinaujinančių išteklių energetikos investiciniams projektams**

Investicijų į AIE rizikos vertinimas apima pakankamai platų rizikos veiksnių spektrą. Šių rizikos veiksnių kokybinis įvertinimas reikalauja specifinių žinių, susijusių su konkrečia technologija, investicine ir politine aplinka. Be to, konkretaus projekto kokybinis rizikų įvertinimas priklauso nuo valstybės, kurioje projektas yra įgyvendinamas specifikos. Dėl šių priežasčių investicijų į AIE kokybiniam rizikos įvertinimui nėra tinkami standartiniai respondentų apklausomis paremti kokybininiai rizikos vertinimo metodai ir turėtų būti taikomi ekspertiniu vertinimu paremti metodai. Svarbiausių rizikos veiksnių identifikavimui ir jų svarbumo įvertinimui tikslingiausia taikyti ekspertų apklausą.

Remiantis literatūros analize, kurios rezultatai pateikti 2.1 lentelėje, ir pradiniais ekspertinio vertinimo rezultatais, skirtais rizikos veiksnių sąrašo patikslinimui, ekspertiniam vertinimui buvo pateiktas rizikos veiksnių sąrašas, kuriame yra išskirti 5 pagrindiniai rizikos tipai ir 25 smulkesni rizikos veiksniai (3.2 lentelė). Išsamūs ekspertinio vertinimo rezultatai pateikti D priede.



**3.2 lentelė.** Ekspertų apklausos anketa su pagrindiniais rizikos tipais ir jų charakteristikomis (šaltinis: autorius)

**Table 3.2.** Expert questionnaire with key risk types and their characteristics (source: author)

Rizikos tipas	Rizikos aprašymas	Vertinimo skalė nuo 0 iki 10 balų: 0 – jokios rizikos, 10 – labai didelė rizika		
		Viešasis sektorius	Finansuotojas	Investuotojas
Plėtros ir statybos (rizika projektavimo ir įdiegimo metu kylanti dėl tarpininkų ir subrangovų; riziką galima sureguliuoti sutartimis)	1. Informacijos apie technines (eksploatacines) įrenginių charakteristikas trūkumas			
	2. Informacijos apie aplinkos savybes trūkumas (vėjo greitį, saulės intensyvumą ir pan.)			
	3. Dideli technologijų patikimumo skirtumai priklausomai nuo gamintojų kokybės kontrolės			
	4. Vėlavimas priduoti objektą			
	5. Žema darbų kokybė			
Politinės aplinkos	6. Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai			
	7. Išoriniai pokyčiai (ES, globalūs), sukeliantys ryškius nacionalinės ekonomikos pokyčius			
	8. Išoriniai pokyčiai, sukeliantys politinį ir atskiros srities ar makroekonominio lygio nestabilitumą.			
Nuomonių	9. Viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas			
Rinkos (rizika kylanti dėl pokyčių rinkoje, kur parduodamas produktas)	10. Eksploatacinė			
	11. Paklausos svyravimai			
	12. Labai spartus technologijų vystymas ir su tuo susijęs įrenginių kainos kitimas			
	13. Rinkos kainų kritimas			
	14. Bankroto rizika nepasibaigus kontraktui			
Reguliavimo	15. Atsinaujinančios energijos			

3.2 lentelės pabaiga

(projekto išorės rizika, sukelia ma vyriausybės ar kitų oficialių institucijų)	politikos pokyčiai			
	16. Specifiniai reguliavimo pokyčiai			
Finansinės rizikos	17. Finansinės paramos sumažinimas			
	18. Galimybė gauti finansinę paramą projektui			
	19. Galimybė gauti bankinį projekto finansavimą			
	20. Infliacija, valiutų kainų pokyčiai			
	21. Sutarčių pažeidimai			
	22. Skolinimosi sutarčių pažeidimai			
	23. Mokesčių pokyčiai			
Susijusi su oru sąlygomis	24. Gaminamos energijos kiekio sumažėjimas priklausomai nuo vėjo ar saulės trūkumo			
Aplinkos	25. Atsakomybė už padarytą žalą aplinkai			

### 3.3. Suinteresuotų šalių ir pagrindinių rizikos veiksnių identifikavimas

Suinteresuotų šalių pagrindinių rizikos veiksnių identifikavimui galima naudoti kokybinius ir kiekybinius tyrimo metodus, tačiau kiekybinių tyrimų atveju svarbu surinkti pakankamą kiekį empirinių duomenų. Lietuvoje yra instaliuota vos keletas didesnių vėjo jėgainių parkų, ir seniausi iš jų veikia mažiau negu 8 metus. Dėl šios priežasties mūsų šalies atveju pagrindinių rizikos veiksnių identifikavimui kiekybinių metodų taikymas nebūtų tikslingas, todėl šiam tyrimo etapui kaip tyrimo tikslą labiausiai atitinkantis metodas buvo pasirinktas ekspertinis vertinimas, t. y. atlikta ekspertų apklausa.

Ekspertiniam vertinimui buvo pasitelkti 6 ekspertai, turintys nuo 4 iki 12 metų darbo su AIE projektais patirties: kredito įstaigos vadovas, kredito įstaigos rizikos vertintojas, trys profesionalūs investuotojai, dirbantys su AIE projektais, energetikos projektų analitikas. Ekspertai rizikos veiksnius vertino 11 balų skalėje: 0 – jokios rizikos, 10 – labai didelė rizika. Penki didžiausią riziką keliantys veiksniai pateikiami 3.3 lentelėje.

Investuotojų ekspertų nuomonės sutapo: Kendall konkordancijos koeficientas  $W = 0,33$ , stebimasis reikšmingumo lygmuo  $p = 0,022$ . Dėl finansuotojo

rizikos ekspertai taip pat turėjo panašias nuomones:  $W = 0,36$ ,  $p = 0,009$ . Tuo tarpu dėl viešojo sektoriaus rizikų dviejų ekspertų nuomonės išsiskyrė. Pašalinus iš tyrimo šių dviejų ekspertų vertinimus, paaiškėjo, kad likusių ekspertų nuomonės panašios:  $W = 0,57$ , stebimasis reikšmingumo lygmuo  $p = 0,016$ .

**3.3 lentelė.** Svarbiausi suinteresuotų šalių rizikos veiksniai, išdėstyti pagal svarbą (šaltinis: autorius)

**Table 3.3.** The most important risk factors for stakeholders according priority (source: author)

Investuotojo rizika	Finansuotojo rizika	Viešojo sektoriaus rizika
Vėlavimas priduoti objektą	Bankroto rizika nepasibaigus kontraktui	Viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas
Galimybė gauti bankinį projekto finansavimą	Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai	Paklausos svyravimai
Specifiniai reguliavimo pokyčiai	Vėlavimas priduoti objektą	Atsakomybė už padarytą žalą aplinkai
Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai	Informacijos apie technines (eksploatacines) įrenginių charakteristikas trūkumas	Labai spartus technologijų vystymas ir su tuo susijęs įrenginių kainos kitimas
Išoriniai pokyčiai (ES, globalūs), sukeliantys ryškius nacionalinės ekonomikos pokyčius	Viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas	Energijos rinkos kainų kritimas

Kaip iliustruoja ekspertinio vertinimo rezultatai, skirtingų suinteresuotų šalių išskiriami AIE investicinių projektų rizikos veiksniai iš esmės skiriasi, tačiau investuotojo ir finansuotojo rizikos veiksniai turi ir nemažai panašumų. Investuotojo svarbiausi rizikos veiksniai yra daugiausia susiję su projekto įgyvendinimu ir eksplotavimu, o finansuotojo rizika yra tiesiogiai susijusi su projektu įgyvendinančios bendrovės mokumu ir pinigų srautais. Tuo tarpu viešojo sektoriaus pagrindiniai rizikos veiksniai yra globalesnio pobūdžio, susiję su viešosios nuomonės formavimu, paklausos svyravimais ir žala aplinkai.

Remiantis ekspertų apklausos rezultatais galima įvertinti, kiek SH grupių rizikos persidengia, ir kiek yra unikalios konkrečiai grupei (3.4 pav.).



**3.4 pav.** Rizikos rūšių tarpusavio ryšys (šaltinis: autorius)

**Fig. 3.4.** Coherence between different risk types (source: author)

Investuotojui tenkanti rizika yra didžiausia ir daugeliu atveju persidengia su finansuotojo rizika. Jeigu finansuotojas turėtų visą informaciją apie projektą, iš esmės finansuotojo rizika būtų investuotojo rizikos poaibis, tačiau daugeliu atveju finansuotojas pilnos informacijos neturi, todėl jam tenka unikali rizika, susijusi su nepilnai disponuojama informacija apie projektą. Viešojo sektoriaus rizika iš esmės skiriasi nuo investuotojo ir finansuotojo rizikos, tačiau turi ir bendrų rizikos veiksnių, susijusių su technologijų progresu ir kainų kitimu.

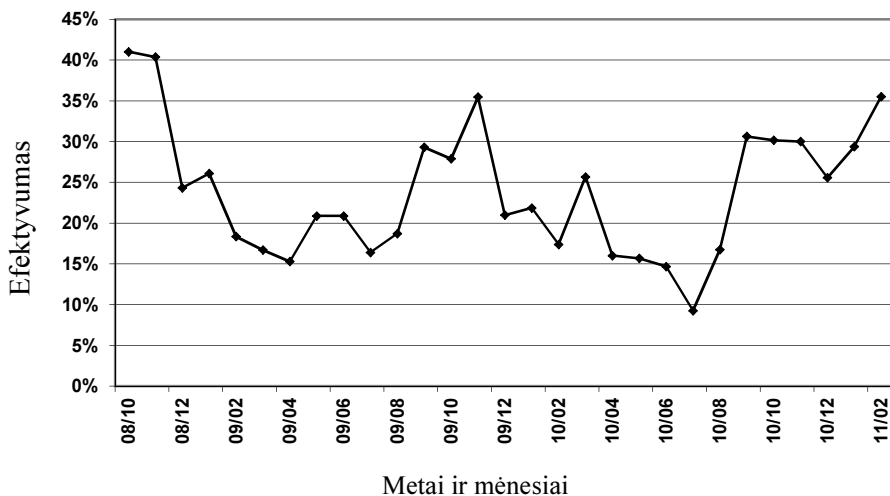
### 3.4. Kiekybinių rizikos vertinimo metodų taikymo atskiroms atsinaujinančių išteklių energetikos sritims specifika

Atlikta kokybinė investicijų į AIE rizikos analizė parodė, kad egzistuoja pakankamai didelis rizikos veiksnių skaičius. Suinteresuotų šalių išskiriami skirtingi rizikos veiksniai ir jų svarba skiriasi, o dalies rizikos veiksnių įvertinimas kiekybiniais rizikos vertinimo metodais yra kompliktuotas. Todėl atliekant tolimesnę kiekybinę analizę, tikslinga atrinkti svarbiausius rizikos veiksnius ir kiekvienai suinteresuotai šaliai juos analizuoti atskirai.

Viešojo sektoriaus rizikos veiksniai iš esmės skiriasi nuo investuotojo ir finansuotojo išskiriamų rizikos veiksnių: investuotojo ir finansuotojo rizikos veiksniai siejami su konkrečiu projektu ir aplinkos pokyčiais, tuo tarpu viešojo sektoriaus rizikos veiksniai yra bendro pobūdžio ir įtakojami tendencijų bei reikalauja globalesniu elektros energetikos sektoriaus vertinimo, todėl šiame skyriuje apsiribosime investuotojo ir finansuotojo trijų svarbiausių rizikos veiksnių įvertinimu.

Investuotojo rizikos įvertinimas. Kaip parodė ekspertinis vertinimas, trys svarbiausi investuotojo rizikos veiksniai yra susiję su projekto įdiegimo vėlavimu, galimybe gauti bankinį finansavimą ir specifiniais reguliavimo pokyčiais. Analizuojant investuotojo riziką, taip pat svarbu įvertinti ateities pinigų srautus ir riziką, kylančią dėl stochastinės vėjo energetikos prigimties, mat nuo generuojamų pinigų srautų įverčio priklauso ir kitų rizikos veiksnių vertinimas.

Elektros energijos gamybos efektyvumas. Kaip jau buvo minėta 3.1.2 poskyryje, vėjo energetikoje elektros energijos gamyba nėra aiškiai nuspėjama, o efektyvumo koeficientas kinta priklausomai nuo geografinės vietos ir vyraujančių vėjų konkrečiu laiko momentu. Kita vertus, konkrečioje vietovėje instaliuoto vėjo generatoriaus gaminamos elektros energijos kiekis yra stacionarus atsitiktinis procesas, todėl remiantis ilgalaikio stebėjimo duomenimis (3.5 pav.) galima statistiškai įvertinti vidutinį jo efektyvumą ir galimas paklaidas.



**3.5 pav.** Vėjo jėgainių parko vidutinio efektyvumo dinamika, 2008–2011 m.  
(šaltinis: IRL Wind)

**Fig. 3.5.** Average efficiency dynamics of a wind farm during 2008–2011  
(source: IRL Wind)

Vertinant vėjo jėgainių parko vidutinio efektyvumo kitimą, pastebima, kad mėnesiniai svyravimai yra gana dideli. Per tiriamą laikotarpį vidutinis jėgainių parko efektyvumas<sup>1</sup> siekė apie 0,238.

<sup>1</sup> Aritmetinis (0,2383) ir svertinis (0,2381) vidurkiai beveik sutapo, todėl straipsnyje pateikiamas tik aritmetinis vidurkis.

Atsižvelgiant į vėjo jėgainių vidutinio efektyvumo įverčius, galima prognozuoti ir vidutines vėjo jėgainių parko pajamas. Lietuvoje vėjo jėgainių pagaminta elektros energija yra subsidijuojama – 2013 m. vidutiniškai didelių vėjo jėgainių parkų generuojama elektros energija buvo superkama mokant po 71 EUR/MWh (Jankauskas *et al.* 2014), be to, aplinkos taršą mažinantys projektai gauna taršos mažinimo vienetų (TMV), kuriuos galima parduoti rinkoje.

Vadinasi, vėjo jėgainių parko pajamos susideda iš dviejų dalių, kurios abi susiję su efektyvumo koeficientu, o TMV dar priklauso ir nuo rinkos kainos. Pagal vidutinį vėjo jėgainių parko efektyvumą 1 kW instaliuotos galios vidutiniškai turėtų pagaminti apie 2,09 MWh elektros energijos. Darant prielaidą, kad vienas TMV kainuos apie 6 EUR, bendros vidutinės metinės pajamos sudarys apie 189 EUR. Vėjo jėgainių vidutinis efektyvumas yra atsitiktinis dydis, todėl vertinant riziką, reikia įvertinti tai, kad faktinis efektyvumas bus mažesnis negu prognozuojamas vidutinis. Tam galima panaudoti VaR metodą ir įvertinti pajamas pagal pasirinktas tikimybes. Tarkime, pasirenkame mus tenkinančią 5 proc. tikimybę. Tokiu atveju galima sukonstruoti VaR funkciją su nedidesne negu pasirinkta tikimybe:

$$P((\bar{E} - 1,644 * SEM) * (p + 0,626 * \overline{TMV}) < R) = 0,95 \quad (3.5)$$

Čia  $P$  – atsitiktinio įvykio tikimybė,  $SEM$  – vidurkio kvadratinis nuokrypis,  $\bar{E}$  – efektyvumo empirinis vidurkis,  $p$  – elektros supirkimo kaina,  $\overline{TMV}$  – prognozuojama vidutinė TMV rinkos kaina,  $R$  – vidutinės metinės pajamos.

Remiantis (3.5) formule, galima įvertinti vidutinių metinių pajamų apatinę ribą su ne didesne negu 5 % tikimybe, kad vidutinės metinės pajamos bus mažesnės. Pagal vidutinį vėjo jėgainių parko efektyvumą 1 kW instaliuotos galios per metus su 95% tikimybe turėtų pagaminti ne mažiau kaip 1,87 MWh elektros energijos. Darant prielaidą, kad vienas TMV kainuos apie 6 EUR, bendros vidutinės pajamos ilgame laikotarpyje turėtų būti nemažesnės negu 140 EUR/kW (vidutiniškai – apie 156 EUR/kW). Analogiškai galima apskaičiuoti pinigų srautus su kitomis pasirinktomis tikimybėmis (3.4 lentelė).

Vėjo jėgainės efektyvumas sąlyginai nestipriai įtakoja pajamas – su mažiausiu efektyvumu (tikimybė ne didesnė negu 1 proc.) investuotojo pajamos sumažėja tik apie 15 proc. lyginant su vidutine reikšme, tačiau efektyvumo įvertis gana stipriai įtakoja projekto pinigų srautus ir projekto vertę. Su mažiausiu efektyvumo įverčiu pinigų srautas siekia tik 5,6 EUR/kW ir yra beveik 5 kartus mažesnis negu vidutinis įvertis. Projekto vertė taip stipriai priklauso nuo jėgainės efektyvumo ir su mažiausiu efektyvumo koeficiento įverčiu ji yra daugiau kaip du kartus mažesnė, lyginant su vidutiniu įverčiu (3.4. lentelė).

**3.4 lentelė.** Pinigų srautai ir projekto vertė VaR metodu (šaltinis: autorius)

**Table 3.4.** Money flow and Project value according VaR estimation (source: author)

Finansinis rodiklis, EUR ( $\geq$ )	Tikimybė				Vidutinis įvertis
	90 proc.	95 proc.	97.5 proc.	99 proc.	
Pajamos	143,4	139,8	136,7	133,1	156,0
Veiklos metinis pinigų srautas	15,9	12,3	9,2	5,6	28,5
Projekto vertė dabartiniu laiko momentu	354,7	311,1	273,4	229,4	508,2

Projekto vėlavimo rizika. Remiantis ekspertų apklausos duomenimis, didžiausia investuotojo rizika yra susijusi su projekto įgyvendinimo vėlavimu. Su tuo susijusią riziką galima vertinti dviem aspektais: pirmas – dėl vėlavimo atsirandantys papildomi kaštai, antras – tikimybė, kad projekto realizuoti nepavyks, t. y. kažkurioje stadijoje jis „užstrigs“ neapibrėžtam laikui. Abiem atvejais nuostolių funkcija priklauso nuo iki to momento atliktų investicijų sumos, todėl tikslumo vardan derėtų projektą suskaidyti į atskirus jo įgyvendinimo etapus ir įvertinti kiekvienam etapui tenkančias investicijas bei terminus.

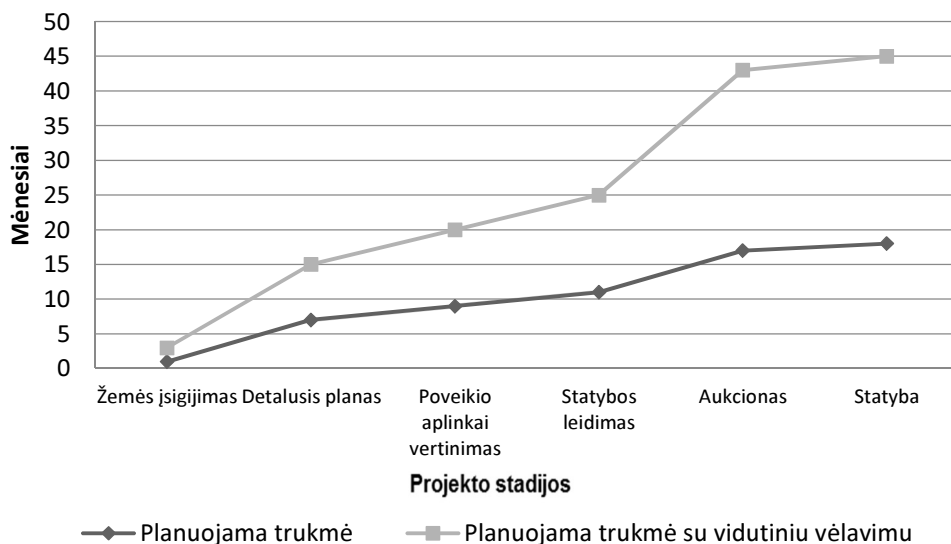
Vėjo jėgainių parko projekto įgyvendinimo trukmė nuo žemės įsigijimo iki pridavimo trunka apie 18 mėnesių (3.6 pav.), tačiau, kaip rodo atlikta ekspertų apklausa, projektų vystytojai dažnai susiduria su vėlavimu, tad vidutiniškai projektas gali užtrukti iki 45 mėnesių, o įvertinus maksimalų tikėtiną vėlavimą kiekvienoje projekto stadijoje, bendra projekto trukmė gali siekti net 79 mėnesius. Didžiausi nukrypimai nuo plano tikėtini rengiant detalųjį planą ir dalyvaujant aukcione, tuo statybos nuo plano nukrypsta nedaug.

Projekto atsilikimas nuo plano didina tiesioginius ir netiesioginius projekto kaštus. Didžiausią tiesioginių kaštų dalį sudaro kapitalo kaštai, o netiesioginius kaštus galima apibrėžti kaip negautas pajamas.

Vertindami netiesioginius kaštus, galime juos apibrėžti kaip nesukurto produkto vertės ir skolinto kapitalo kaštų funkciją:

$$LC_{indirect} = \sum_{i=1+T}^n \frac{(EG * P - BP)}{(1+I)^i}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.6)$$

$LC$  yra netiesioginiai kaštai,  $T$  – planuojama projekto įgyvendinimo trukmė,  $i$  – vėlavimo mėnėsis,  $n$  – bendras vėlavimas mėnesiais,  $EG$  – vidutinis generuojamas elektros kiekis per mėnesį,  $P$  – elektros supirkimo kaina,  $BP$  – įmokos bankui,  $I$  – mėnesinė diskonto norma.



**3.6 pav.** Projekto įgyvendinimo etapai ir terminai (šaltinis: autorius)

**Fig. 3.6.** Project implementation stages and terms (source: author)

1 kW instaliuotos galios vidutiniškai per mėnesį pagamina apie 0,174 MWh elektros energijos (Burinskienė, Rudzkis 2013), supirkimo kaina siekia apie 72 EUR/MWh, o įmokos bankui turėtų sudaryti apie 9,2 EUR per mėnesį. Naudojant 5% diskonto normą, pagal formulę (3.6) vidutinio vėlavimo netiesioginiai kaštai sudarytų apie 115 EUR/kW, o esant maksimaliam vėlavimui – 244 EUR/kW.

Vertinant tiesioginius kaštus, taip pat svarbu atsižvelgti į kelis dalykus: projekto stadiją, atliktų investicijų sumą ir kapitalo struktūrą konkrečioje projekto stadijoje. Tiesioginius kaštus galima apibrėžti kaip papildomų kaštų, atsirandančių konkrečioje projekto įgyvendinimo stadijoje, sumą:

$$LC_{direct} = \sum_{i=1}^n \tau_i * Inv_i * WACC, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.7)$$

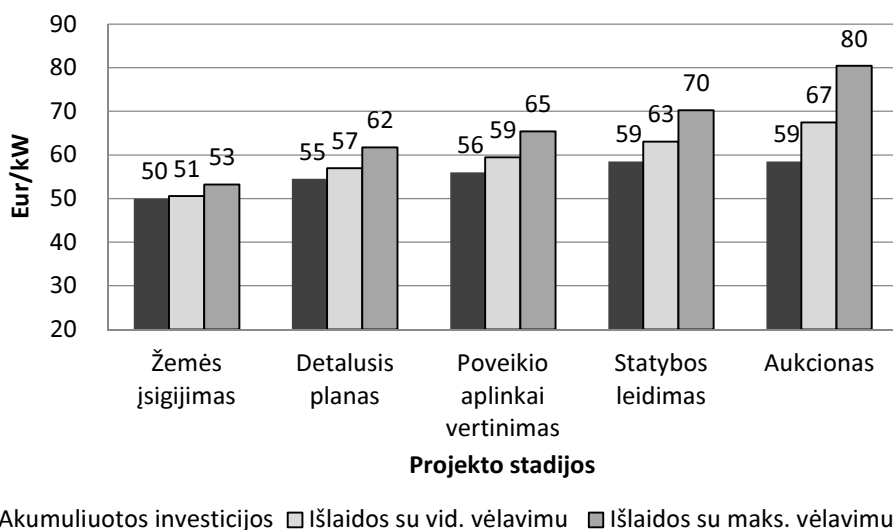
Čia  $LC_{direct}$  yra tiesioginiai kaštai,  $i$  – projekto stadija,  $\tau_i$  – vėlavimas stadijoje  $i$ ,  $Inv_i$  – akumuliuotos investicijos stadijoje  $i$ ,  $WACC$  – vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai.

Atlikto tyrimo duomenimis, vystant vėjo jėgainių parkus, nuosavas kapitalas dažniausiai sudaro apie 20 %. Be to, praktika rodo, kad finansuotojas sutinka finansuoti projektą tik jau laimėjus aukcioną, t. y. jis dažniausiai sutinka finansuoti tik jėgainių statybą ir atsisako finansuoti parengiamąsias projekto stadijas.



Iki jėgainės statybų investicijų poreikis yra sąlyginai nedidelis ir siekia tik apie 4 %, tačiau tai sudaro apie 20 % nuosavo kapitalo.

Vidutiniai projekto kaštai iki generatorių statybos pradžios siekia apie 58,5 EUR/kW, tai sudaro apie 18 % viso nuosavo kapitalo poreikio (3.7 pav.). Įvertinus vidutinį vėlavimą, kaštai gali padidėti iki 67,5 EUR/kW, arba daugiau negu 15 %. Įvertinus maksimalų vėlavimą, šie kaštai gali didėti iki 80,5 EUR/kW, arba išaugti 37 %. Toks kaštų prieaugis yra santykinai nedidelis – sudarytų atitinkamai 3 % ir 7 % nuosavo kapitalo kaštų.



3.7 pav. Dėl projekto vėlavimo atsirandantys tiesioginiai kaštai<sup>2</sup>

(šaltinis: autorius)

Fig. 3.7. Direct costs affected delays (source: author)

Sudėjus tiesioginius ir netiesioginius kaštus, gauname, kad esant vidutiniam vėlavimui projekto vystytojo kaštai siektų apie 124,6 EUR/kW arba apie 39 % nuosavo kapitalo, o esant maksimaliam vėlavimui – 266,3 EUR/kW arba apie 82 % nuosavo kapitalo.

Galimybė gauti banko finansavimą. Tarp didžiausių investuotojų išskiriamų rizikos veiksnių antroje vietoje yra rizika dėl galimybės gauti finansavimą iš banko (finansuotojo). Šią investuotojo riziką galima vertinti dviem aspektais: pirma – projekto įgyvendinimo laikotarpiu, pasikeitus situacijai rinkoje, finansuotojas gali reikalauti didesnės nuosavo kapitalo dalies, antra – projekto įgy-

<sup>2</sup> Skaičiavimuose naudojama 5% nuosavo kapitalo kaštų norma.

vėdinimo laikotarpiu arba projekto eksploataavimo laikotarpiu finansuotojas gali padidinti palūkanų normą.

Didesnę nuosavo kapitalo dalį lemianti rizika yra unikali kiekvieno investuotojo atveju, nes jos daroma įtaka priklauso nuo investuotojo galimybių skirti papildomas lėšas projekto įgyvendinimui ir šių lėšų kainos. Jeigu investuotojas turi galimybę didinti nuosavo kapitalo dalį projekte ir nuosavo kapitalo kaštai yra artimi skolinto kapitalo kaštams, šios rizikos poveikis yra minimalus. Tačiau tuo atveju, kai investuotojas tokių galimybių neturi, projekto įgyvendinimas gali sustoti, o investuotojo patiriami nuostoliai priklausys nuo projekto rinkos kainos. Kaip jau minėta, abiem atvejais ši rizika yra unikali kiekvieno projekto ir investuotojo atveju, todėl bandyti ją vertinti nėra tikslinga.

Su palūkanų normos padidėjimu susijusi rizika daro tiesioginę įtaką investuotojo finansiniams srautams, o rizikos poveikį galima įvertinti naudojant anksčiau aptartus VaR ir DCF metodus. Palūkanų normos daromą įtaką pinigų srautams ir projekto vertei iliustruoja 3.5 lentelė.

**3.5 lentelė.** Palūkanų normos įtaka pinigų srautams ir projekto vertei<sup>3</sup> (šaltinis: autorius)

**Table 3.5.** The influence of interest rates and cash flows on the total value of the Project (source: author)

Finansiniai rodikliai		Palūkanų normos padidėjimas (procentiniais punktais)		
		1 p.p.	2 p.p.	3 p.p.
Veiklos pinigų srautas, EUR	Apatinė riba	0,3	-8,4	-17,4
	Vidurkis	20,2	11,5	2,5
	Viršutinė riba	40,2	31,6	22,6
Projekto vertė, EUR	Apatinė riba	164,9	59,2	-50,5
	Vidurkis	406,8	301,2	191,4
	Viršutinė riba	651,5	545,8	436,1

Palūkanų normos pasikeitimas pakankamai stipriai įtakoja investuotojo pinigų srautus ir projekto vertę. Palūkanų normai padidėjus 1 proc. punktu, apatinė pinigų srauto įverčio reikšmė išlieka teigiama, tačiau jai padidėjus 2 arba 3 proc. punktais, apatinė pinigų srauto reikšmė jau tampa neigiama. Tai reiškia, kad neturint papildomų finansinių išteklių, toks padidėjimas priverstų investuotoją projektą parduoti, o kadangi palūkanų normai padidėjus 3 proc. punktais projekto vertė jau tampa neigiama, vadinasi, ir pardavus projektą, investuotojas patirtų nuostolį. Kita vertus, vidutinė ir viršutinė pajamų srauto reikšmė, palūkanų normai padidėjus iki 3 proc. punktu, išlieka teigiama. Taigi palūkanų normos

<sup>3</sup> Su 95 % tikimybe, kad nebus viršytos viršutinė ir apatinė ribos.

padidėjimas gana stipriai įtakoja projekto vertę: palūkanų normos padidėjimas 1 proc. punktu projekto vertę sumažina apie 100 EUR/kW arba – 20 % (3.5 lentelė).

Specifiniai reguliavimo pokyčiai. Kaip iliustruoja ekspertų apklausos rezultatai, trečias pagal svarbą investuotojo rizikos veiksnys yra susijęs su galimais specifiniais reguliavimo pokyčiais. Šis rizikos veiksnys apima pakankamai plačią sritį, įskaitant teisinę bazę, aplinkosaugos veiksmus, rezervo ir balansavimo užtikrinimą. Teisinės bazės ir aplinkosauginių veiksmų rizika kyla pradinėje projekto stadijoje, o po leidimo statybai išdavimo rizika tampa minimali, tačiau rizika išlieka visą projekto įgyvendinimo laikotarpį, nes rezervo ir balansavimo politika gali staigiai pasikeisti. Pavyzdžiui, norint sulėtinti vėjo jėgainių plėtrą arba sumažinti neigiamą poveikį elektros energijos kainai, investuotojui gali tekti pačiam užtikrinti karštąjį rezervą, o stipriai nukrypus nuo anksčiau atliktos prognozės – susimokėti už sistemos balansavimą. Vėjo energijos generacijai vykstant iki 35 % maksimalaus apkrovimo apkrovimu, elektros energijos rezervo užtikrinimas kainuoja apie 0,7 EUR/MWh, o sistemos balansavimas – apie 0,3 EUR/MWh. Holttinen ir Stenberg (2011) atliktoje studijoje įvertinta, kad bendri papildomi kaštai vėjo energijos rezervo užtikrinimui ir balansavimui sudaro apie 1,3 EUR/MWh. Vadinas, pasikeitus reguliavimo politikai ir panaikinus nemokamą rezervo ir balansavimo užtikrinimą, investuotojo nuostolis gali siekti apie 1 EUR/MWh arba apie 2,3 EUR/MWh, jeigu būtų pareikalauta padengti ir kitus papildomus dėl vėjo energijos atsirandančius kaštus. Įvertinus visa tai DCF metodu, išeina, kad per projekto gyvavimo laikotarpį jėgainėms dirbant vidutiniu efektyvumu, investuotojui tai papildomai kainuotų apie 25 ir 59 EUR/kW.

Finansuotojo rizika. Ekspertinis rizikos veiksnių vertinimas parodė, kad finansuotojui svarbiausi rizikos veiksniai yra susiję su specialios paskirties bendrovės (SPB) bankrotu, subsidijų politikos pasikeitimu ir vėlavimu priduoti objektą.

Bankroto rizika nepasibaigus kontraktui. Žvelgiant į situaciją iš finansuotojo perspektyvos, pagrindinė rizika yra specialios paskirties bendrovės, valdančios projektą, bankroto ar nemokumo rizika. Vertindamas savo riziką finansuotojas atsižvelgia į kliento mokumą, tai yra: a) gebėjimą aptarnauti kreditą iš tipinės veiklos gaunamomis pajamomis ir šių pajamų santykį su paskola, b) įkeisto turto ar išduotų garantijų santykį su paskolos likučiu.

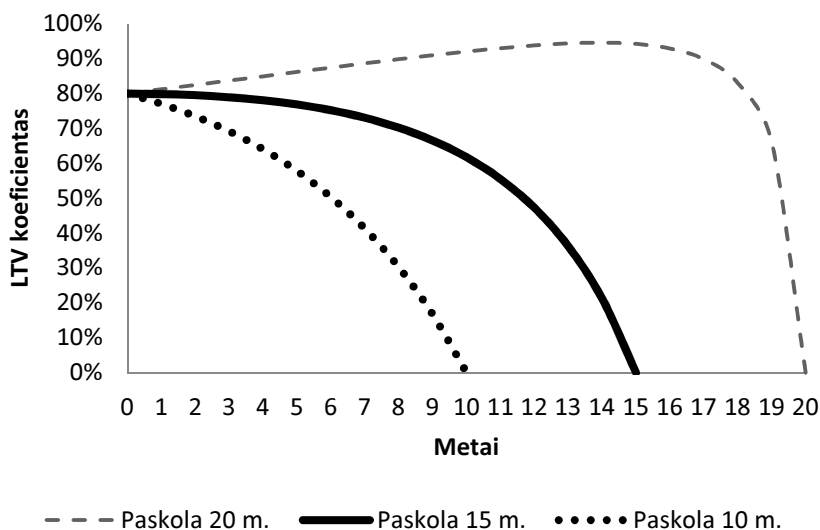
Energetiniuose projektuose, kai valstybės, pasirinkusios subsidijavimo politiką, taiko aukštesnes energijos supirkimo kainas, tipinės veiklos pajamos yra gana lengvai įvertinamos, jeigu subsidijavimo tvarka nesikeičia. Lietuvos banko duomenimis paskolos ilgesniam nei 5 metų periodui vidutinė palūkanų norma juridiniams asmenims sudarė apie 4 %. Taigi, jeigu skolinto kapitalo dalis sudaro 80 % ir paskolos terminas yra iki 20 metų, pagal proporcingą paskolų ir palū-

kanų gražinimo metodą įmoka finansuotojui yra 91,9 EUR/kW per metus, o vidutinės metinės SPB pajamos turėtų siekti apie 150 EUR/kW. Tačiau finansuotojas taip pat turėtų atsižvelgti į tai, kad įkeisto turto (po nusidėvėjimo) santykis su paskolos likučiu (angl. *Loan-to-value*, LTV) visgi kinta laike – nors neišmokėta paskolos dalis mažėja, tačiau dėl nusidėvėjimo mažėja ir įkeisto turto vertė. Jeigu finansuotojas sutinka finansuoti 80 % projekto vertės, LTV koeficientas visą paskolos periodą neturėtų viršyti 80 %.

Esant dvidešimties metų paskolos laikotarpiui, LTV santykis pirmaisiais metais vis didėja, tada keturioliktais metais pasiekia savo maksimumą – 94,6 %, žemiau 80 % ribos nukrenta tik devynioliktais paskolos gražinimo metais. Siekdamas sumažinti savo riziką, finansuotojas gali didinti įmoką, taip trumpindamas paskolos išmokėjimo periodą. Sumažinus paskolos terminą iki dešimties metų LTV, santykis kasmet ženkliai mažėtų (3.8 pav.), tačiau įmokos bankui sudarytų 153,87 EUR/kW per metus, kas būtų daugiau nei bendros projekto kasmetinės pajamos. Esant penkiolikos metų paskolos mokėjimo periodui, įmokos bankui sudaro apie 112,25 EUR/kW per metus, kas neviršija metinių SPB pajamų, o LTV santykis šiuo atveju nė vienu paskolos aptarnavimo momentu neviršija 80 %. Optimalus paskolos periodas, kai LTV neviršija 80 %, yra apie penkiolika su puse metų.

Pasirinkus optimalų paskolos terminą visą laikotarpį, finansuotojas gali užsitikrinti 20 % rezervą, taip sumažindamas savo nuostolių tikimybę. Tačiau svarbu suprasti, kad šis santykis yra paremtas vidutiniais pinigų srautais ir neatsižvelgia į tai, kad dėl mažesnio negu prognozuota generatoriaus efektyvumo pinigų srautai ir turto vertė gali sumažėti. Riziką, kylančią dėl mažesnių nei tikėtasi pinigų srautų, galima įvertinti DCF ir VaR metodais: finansuotojo rizika kyla tada, kai pinigų srautai tampa neigiami, o projekto vertė – mažesnė negu pradinė investicijų suma.

Kaip buvo aptarta anksčiau (vertinant investuotojo riziką), net su mažiausiu analizuotu jėgainės efektyvumo koeficientu investuotojo pinigų srautas visgi išlieka teigiamas. Tačiau SPB bankroto riziką gali sąlygoti ir kiti investuotojo ar jo aplinkos veiksniai, todėl bankroto riziką turėtų būti vertinama kompleksiškai atsižvelgiant ir į visus investuotojo rizikos veiksnius.



**3.8 pav.** Paskolos – turto vertės koeficientas esant skirtingiems paskolos periodams (šaltinis: autorius)

**Fig. 3.8.** Loan-to-value ratio of loans, depending on their period (source: author)

Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai. Antras pagal svarbą rizikos veiksnys finansuotojui yra galimas subsidijų politikos pasikeitimas. Šis rizikos veiksnys yra tiesiogiai susijęs su SPB bankroto rizika, nes sumažėjusios subsidijos neigiamai paveiktų investuotojo pinigų srautus bei sumažintų užstato vertę. Kadangi pagrindinis vėjo energetikos subsidijų elementas yra fiksuota energijos kaina, šią riziką įvertinti galima modeliuojant įvairius supirkimo kainų pokyčių scenarijus skirtingais laiko momentais. Akivaizdu, kad apatinė kainos riba yra rinkos kaina, už kurią gamintojas elektros energiją galėtų realizuoti rinkoje. Todėl analizuojant subsidijų politikos pokyčius, pirmiausia reikia prognozuoti elektros energijos kainas bent 15 m. laikotarpiui (optimaliam paskolos terminui). Prieš prognozuojant šias kainas reikia atsižvelgti į pagrindinius kainos formavimosi principus. Pavyzdžiui Lietuvoje veikia liberali elektros energijos rinka, paremta „Pool based“ modeliu, kurio esminis veikimo principas yra tas, kad tol, kol patenkinama visa paklausa, yra išsigyjama mažiausia kaina pasiūlyta elektros energija. Vadinas, elektros energijos kainą galime apibrėžti taip (Burinskienė, Rudzkis 2010):

$$p(t) = \frac{\sum_i^n g_i * p_i}{\sum_i^n g_i} . \quad (3.8)$$

Čia  $p(t)$  yra elektros energija laiko momentu  $t$ ,  $g_i$  yra  $i$ -tojo generatoriaus generuojama elektros energija,  $p_i$  yra  $i$ -tojo generatoriaus generuojamos elektros energijos kaina, ir galioja sąlyga, kad  $p_i \leq p_{i+1}$ . Taigi kaina  $p$  laiko momentu  $t$  apskaičiuojama kaip pigiausių elektros energijos kiekių svertinis vidurkis. Be to, nuperkamas elektros energijos kiekis yra lygus suvartojamam elektros energijos kiekiui, taigi nuperkama visa energija iš generatorių  $g_1, \dots, g_{n-1}$  ir visa arba dalis elektros energijos iš generatoriaus  $g_n$ . Tobulos konkurencijos sąlygomis elektros energijos kaina  $p_i$  turėtų būtų lygi  $i$ -tojo generatoriaus ribiniams kaštams. Mažoje rinkoje yra žinomas generatorių efektyvumas ir kiekvieno generatoriaus ribiniai kaštai, daugiausiai priklausantys nuo naudojamo kuro kainos. Taigi elektros energijos gamintojui telieka prognozuoti tik elektros energijos vartojimą. Kadangi trumpuoju laikotarpiu elektros energijos paklausa yra mažai elastinga, vartojimas beveik nepriklauso nuo jos kainos, o prognozuoti paklausą yra gana nesudėtinga, tad ir faktinis vartojimas neturėtų stipriai nukrypti nuo prognozės (Burinskienė, Rudzakis 2010). Šiuo metu Lietuva, Latvija ir Estija priklauso *Nord Pool Spot* biržai, kurioje, esant pakankamai infrastruktūrai, turėtų nusistovėti beveik vienodos kainos. Lietuva turi energijos jungtis su Baltarusija, Kaliningrado sritimi ir Latvija, o nuo 2016 m. turėtų pradėti veikti ir 700 MW galios jungtis su Švedija. Lietuva taip pat turi galimybę per 1000 MW galios jungtis tarp Estijos ir Suomijos importuoti elektros energiją iš Skandinavijos, tačiau dėl nepakankamo jungčių pralaidumo tarp Estijos ir Latvijos (900 MW) toks importas yra apribotas. 2016 m. pradėjus veikti 700 MW galios jungčiai su Švedija, Baltijos valstybės turės pakankamai išvystytą infrastruktūrą, o biržose elektros energijos kaina turėtų būti artima Skandinavijos *Nord Pool Spot* kainoms. Vadinasi, norint prognozuoti elektros energijos kainas Lietuvoje ilgam laikotarpiui, iš esmės reikia prognozuoti *Nord Pool Spot* biržos kainas.

Ilgalaikių kainų tendų prognozavimas yra sudėtingas uždavinys, tam dažniausiai naudojami įvairūs ekonometriniai modeliai. Sudarant tokius modelius, svarbu detalai analizuoti rinkos struktūrą, numatomus įdiegti naujus generatorius, analizuoti investicijų programas bei įvertinti galimus kuro kainų pokyčius. Dėl uždavinio sudėtingumo šiame darbe remiamasi analitikų komandos „Mkonline“, besispecializuojančios ilgalaikių kainų prognozavime, pateikiamais tyrimais. „Mkonline“ sukurtas modelis prognozuoja, kad *Nord Pool Spot* ilgo laikotarpio elektros energijos kainos neturėtų sparčiai augti. Tikimasi, kad 2020 m. vidutinė kaina sieks apie 46,4 EUR/MWh, o 2025 m. – 48,3 EUR/MWh. Vadinasi, vidutinis metinis kainų augimas Skandinavijoje turėtų būti apie 2 %. Tikimasi, kad Lietuvoje kaina turėtų išlaikyti panašias tendencijas, tačiau dėl perdavimo kaštų gali būti apie 1 EUR/MWh brangesnė. Įvertinus ilgalaikes kainų tendencijas, galime įvertinti ir investuotojo riziką, susijusią su subsidijų politikos pasikeitimu. Pagal aptartas prielaidas suformuosime įvairius subsidijų politikos

pasikeitimo scenarijus ir įvertinsime SPB vertės kaip užstato santykį su paskolos likučiu. Paanalizuokime kelis scenarijus (3.6 lentelė):

1. Kaina yra sumažinama 10 %.
2. Kaina sumažinama 10 % ir panaikinami TMV.
3. Kaina sumažinama 20 % ir panaikinami TMV.
4. Elektros energija realizuojama rinkos kaina.

**3.6 lentelė.** SPB vertė esant skirtingoms elektros energijos supirkimo kainoms<sup>4</sup> (šaltinis: autorius)

**Table 3.6.** The value of company to project owner depending on energy prices (source: author)

Finansiniai rodikliai, EUR	Kaina sumažinta 10 %	Kaina sumažinta 10 % ir panaikinti TMV	Kaina sumažinta 20 % ir panaikinti TMV	Rinkos kaina
Paskolos dydis	1249	1249	1249	1249
SPB vertė	1638	1545	1414	1373
SPB vertės santykis su paskola	1,3	1,2	1,1	1,1

Pasikeitus subsidijų politikai ir sumažėjus SPB pinigų srautams, finansuotojui išlieka minimali rizika. Kaip pateikta 3.6 lentelėje, jeigu generuojama elektros energija būtų realizuojama rinkos kainomis, bendrovės vertė išliktų didesnė už finansuotojo suteiktą kreditą. Tokiu atveju nuostolį patirtų tik investuotojas, o likęs užstatas finansuotojui vis tiek būtų didesnis negu paskolos dydis. Finansuotojui reali rizika išliktų tik tokiu atveju, jeigu faktinis generatoriaus efektyvumas būtų mažesnis negu prognozuojama, būtų panaikintos visos lengvatos ir dar įvesti papildomi mokesčiai, tokie kaip balansavimo ar kt.

Vėlavimas priduoti objektą. Finansuotojo rizika, susijusi su projekto vėlavimu, ekspertų buvo įvertinta kaip trečia pagal svarbą. Dažniausiai finansuotojas kredituoti projektą sutinka tik paskutinėje stadijoje, kai pradedamos generatorių statybos, o šioje stadijoje projekto vėlavimas pastaiko retai ir netgi jam pasitaikius, neužtrunka ilgiau nei porą mėnesių. Taigi pagrindinė rizika vėluoti priduoti objektą susijusi su išorės veiksniais, galinčiais paveikti projekto eigą, o, kaip praktika rodo, dažniausiai Lietuvoje tai susiję su teisminiais ginčais. Anksčiau

<sup>4</sup> Naudojamas vidutinis efektyvumo koeficientas ir vertė nustatoma pagal pinigų srautus be paskolos įmokos.

šalyje buvo pasitaikę atvejų, kai pradėjus jėgainės statybas, aplinkiniai gyventojai teismui apskundė įmonės gautus statybos leidimus. Finsuotojui projekto vėlavimas kaip rizikos veiksnys svarbus tampa tik tokiu atveju, kai statybos papildomai užtrunka gana ilgą laiką (2 metus ar ilgiau) arba tampa neaišku, kada projektas bus įgyvendintas. Tokiu atveju, sutrikus SPB mokėjimams, finansuotojas turėtų perimti bendrovės turtą, tačiau gali atsitikti taip, kad jo vertė jau bus mažesnė, nes per šį laikotarpį įrangą gali atpigti ir ją realizuoti teks antrinėje rinkoje. Tarptautinės atsinaujinančios energetikos agentūros duomenimis, nuo 2008 m. iki 2012 m. įrenginiai atpigo apie 11 %, kitaip sakant – apie 3 % per metus (IRENA 2012). Be to, įvertinus tai, kad generatoriui tenka apie 90 % bendros investicijų sumos: įvertinus tai, kad antrinėje rinkoje generatorių kaina gali būti 10–20 % mažesnė nei pradinė gamintojo kaina, galima apskaičiuoti, kad po trijų metų projektą SPB pardavus atskiromis dalimis, finansuotojo nuostoliai gali siekti 10–23 % kredito sumos ir, atitinkamai – po 5 metų nuostolis gali siekti 26–29 % pradinės kredito sumos.

### **3.5. Mišrus investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimas**

Kaip jau anksčiau buvo aptarta, mišrus investicijų į AIE rizikos vertinimas apima kokybinius ir kiekybinius rizikos vertinimo metodus. Prieš atliekant tokį vertinimą, pirmiausia reikia nustatyti, kokius duomenų sintezės būdus galima naudoti, bei patikslinti conceptualų modelį. Kaip nagrinėta 2.4 poskyryje, išskiriami trys pagrindiniai duomenų sintezės metodai: duomenų suliejimas, duomenų sujungimas, duomenų įterpimas. Duomenų suliejimas dažniausiai naudojamas tuomet, kai kokybiniais tyrimo metodais siekiama patikslinti, paaiškinti arba palyginti kokybinių tyrimų metu gautus rezultatus, arba atvirkščiai – kiekybiniais tyrimo metodais siekiama paaiškinti kokybinių tyrimų metu gautus rezultatus. Kadangi investicijų į AIE sektorių rizikos vertinimo rezultatai yra nesunkiai interpretuojami, duomenų suliejimo metodą naudoti nėra tikslinga, todėl apsiribosime duomenų sujungimu ir duomenų įterpimu. Atlikus kokybinę analizę buvo identifikuotos suinteresuotosios šalys ir išskirti pagrindiniai šalims būdingi rizikos veiksniai (3.7 lentelė).



**3.7 lentelė.** Trys svarbiausi suinteresuotų šalių rizikos veiksniai, išdėstyti pagal svarbą (šaltinis: autorius)

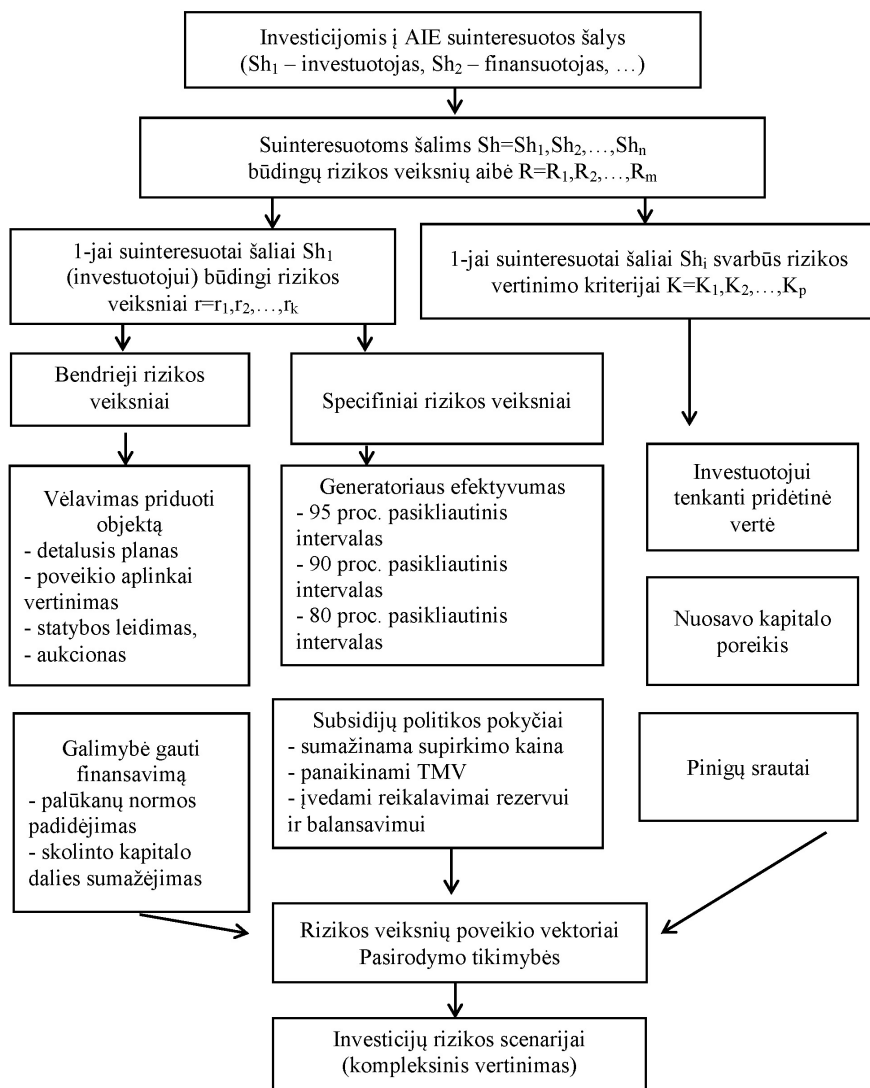
**Table 3.7.** Three most important risk factors, according to different stakeholders (source: author)

Investuotojo rizika	Finansuotojo rizika	Viešojo sektoriaus rizika
Vėlavimas pridurti objektą	Bankroto rizika nepasibaigus kontraktui	Viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas
Galimybė gauti bankinį projekto finansavimą	Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai	Paklausos svyravimai
Specifiniai reguliavimo pokyčiai	Vėlavimas pridurti objektą	Atsakomybė už padarytą žalą aplinkai

Pagal 2.4 poskyryje pateiktą konceptualų modelį ir 3.7 lentelėje pateiktus rizikos veiksnius bei kiekybinės rizikos analizės rezultatus, sudarytas patikslintas investuotojo ir finansuotojo rizikos vertinimo modelis, tinkantis vėjo energetikos projektų rizikos vertinimui (3.9 pav.). Šiame modelyje išskiriamos suinteresuotos šalys ir joms būdingų rizikos veiksnių aibės. Šiose aibėse kiekvienai suinteresuotai šaliai išskiriami svarbiausi bendrieji ir specifiniai rizikos veiksniai bei kriterijai, pagal kuriuos atliekamas investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimas.

Identifikuotų investuotojo ir finansuotojo pagrindinių rizikos veiksnių poveikio kiekybinis įvertinimas buvo atliktas 3.4 poskyryje, tačiau kiekybinėje analizėje nebuvo nagrinėjamas rizikos poveikis tuo atveju, kai vienu metu pasirodo ne vienas, o keli rizikos veiksniai, bei kokios būtų tokių įvykių tikimybės. Kiekybinės analizės pagalba rizikos veiksniai buvo surikiuoti pagal jų svarbą, tačiau norint įvertinti situaciją kompleksiskai, reikia vertinti ne tik veiksnių svarbą, bet ir jų pasirodymo tikimybes. Taigi kompleksinis rizikos vertinimas atliekamas konstruojant įvairius scenarijus, nagrinėjančius, kas atsitinka tuomet, kai įvyksta vienas ar keli nepalankūs atsitiktiniai įvykiai, ir įvertina šių įvykių kompleksinį poveikį.

Rizikos veiksnių poveikių ir jų pasirodymo tikimybių vektoriai taip pat naudojami nustatant kiekvienos suinteresuotos šalies pelno (nuostolio) funkcijas.



**3.9 pav.** Lietuvos vėjo energetikos projektų rizikos vertinimo modelis  
(šaltinis: autorius)

**Fig. 3.9.** Risk assessment model for wind energy projects in Lithuania  
(source: author)

Remiantis anksčiau atliktos analizės rezultatais, iš visos kokybinių ir kiekybinių metodų aibės išskirtos konkrečių rizikos veiksnių poveikio ir įvykio tiki-

mybių įvertinimui tinkamiausių metodų grupės, kuriomis grindžiamas kompleksinio rizikos vertinimo modelis (3.8 lentelė).

**3.8 lentelė.** Svarbiausių rizikos veiksnių analizės kokybiniai ir kiekybiniai metodai (šaltinis: autorius)

**Table 3.8.** The most important risk factors in the analysis of qualitative and quantitative methods (source: author)

Rizikos veiksniai		Kokybiniai metodai	Kiekybiniai metodai
Inves- tuoto- jo rizika	Pingų srautų įvertini- mas	Tiriamoji – palyginamoji literatūros analizė, atvejo analizė	Tikimybiniai skirstiniai, VaR metodas
	Vėlavimas priduoti objektą	Ekspertinis vertinimas	DCF metodas, empir- inių duomenų statistinė analizė
	Galimybė gauti bank- inį projekto finan- savimą	Ekspertinis vertinimas	VaR, DCF metodai
	Specifiniai regu- liavimo pokyčiai	Literatūros, teisės aktų analizė, ekspertinis vertin- imas	DCF metodas, ti- kimybiniai skirstiniai
Finan- nan- suoto- jo rizika	Bankroto rizika nepa- sibaigus kontraktui	Teisės aktų, subsidijų politikos analizė	Finansinių rodiklių, pinigų srautų analizė
	Subsidijų politikos, veikiančios įmonės pelningumą, pokyčiai	Istorinių pavyzdžių ana- lizė, ekspertinis vertini- mas	Ekonometrinis model- iavimas, DCF metodas
	Vėlavimas priduoti objektą	Ekspertinis vertinimas, atvejo analizė	Empirinių duomenų statistinė analizė, DCF metodas
Vie- šojo sektori- aus rizika	Viešosios nuomonės pokyčiai, suinter- esuotų šalių lobizmas	Gyventojų apklausa, spaudos monitoringas, ES teisės aktų analizė	Regresinė analizė, tikimybiniai skirstiniai, statistinės hipotezės
	Paklausos svyravimai	Ekspertinis vertinimas, teisės aktų analizė	Makroekonominį rodiklių analizė, ekonometrinis model- iavimas
	Atsakomybė už pa- darytą žalą aplinkai	Atvejo analizė, palyginamoji analizė	Empirinių duomenų statistinė analizė, DCF metodas

Pagal šioje lentelėje pateiktus kokybinius ir kiekybinius rizikos vertinimo metodus galima spręsti, kad daugeliu atveju kokybiniai rizikos vertinimo metodai susiję su rizikos tikimybės įvertinimu, o kiekybiniai rizikos vertinimo metodai – su poveikio (rezultato) įvertinimu. Šiek tiek kitokia situacija sutinkama vertinant viešojo sektoriaus riziką, kur kai kada galioja atvirkštinė tendencija (pavyzdžiui, viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas) – kiekybiniai metodai skirti įvykio tikimybei įvertinti, o kokybinė analizė vertina poveikį.

Atlikus kokybinę ir kiekybinę analizę, yra parenkamas tinkamiausias kompleksinio rizikos įvertinimo metodas. Tarkime, turime daugiamatį rizikos veiksnių vektorių  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , čia  $X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$  yra  $i$ -tojo rizikos veiksnio poveikių vektorius ir jų įvykio tikimybių vektorius, o  $P=(P_1, P_2, \dots, P_n)$ , kur  $P_i=(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik})$ , yra  $i$ -tojo rizikos veiksnio poveikių tikimybių vektorius. Be to, čia  $p(x=x_{im}) \cap p(x=x_{il})=0$ , jeigu  $m \neq l$ . Tokiu atveju, turėdami baigtinius rizikos veiksnių poveikių vektorius, galime sudaryti baigtinį scenarijų skaičių ir apskaičiuoti kiekvieno iš šių scenarijų tikimybes.

Jeigu turime scenarijų vektorių  $S=(s_1, s_2, \dots, s_g)$  ir jų tikimybių vektorių  $P_s=(p_{s1}, p_{s2}, \dots, p_{sg})$  bei galioja sąlyga  $\sum_{i=1}^g p_{si} \leq 1$ , tada scenarijų skaičių  $g$  galima apskaičiuoti sudauginus visus skirtingų rizikos veiksnių poveikių skaičius. Tarkime, turime tris pagrindinius rizikos veiksnys, kurių kiekvienas veiksnys turi po penkis galimus poveikio variantus, – tokiu atveju iš viso gautume 125 skirtingus scenarijus. Kaip matome, net pasirinkus sąlyginai nedidelį rizikos veiksnių skaičių, bendras galimų scenarijų skaičius yra sąlyginai didelis, be to, kuo didesnis bendras scenarijų skaičius, tuo mažesnė yra konkretaus scenarijaus tikimybė, todėl nėra prasmės analizuoti kiekvieno atskiros scenarijaus. Šiuo atveju laikome, kad visų scenarijų, padaugintų iš jų tikimybių, suma atspindėtų vidutinę riziką. Toks vidutinis rizikos įvertinimas vienam konkrečiam projektui nebūtų praktiškas, nes tai tėra taškinis įvertis su neapibrėžta jo įvykimo galimybe, tačiau toks vidutinis įvertis tikėtų kelių investicinių projektų rizikingumo palyginimui.

Vertinant konkretų projektą, yra tikslinga apsibrėžti sprendimo priėmimui aktualių rezultatų intervalus ir pagal scenarijų vektorių apskaičiuoti tikimybę, kad galutinis rezultatas pateks į šiuos intervalus. Pavyzdžiui, investuotoją domina, kokia yra tikimybė, kad investicijų grąža bus mažesnė negu prognozuota, arba kokia tikimybė, kad SPB bankrutuos, o jis galimai praras savo investicijas. Tokiu atveju suformuojamas kriterijų vektorius  $V=(v_1, v_2, \dots, v_k)$ , kuris atspindėtų investicijų grąžą ar SPB bendrovės vertę ir galiotų sąlyga  $v_i < v_{i+1}$ . Pagal šį kriterijų vektorių galime nustatyti, kurie scenarijai atitinka konkretų kriterijų  $v_i$  ir apskaičiuoti tikimybę rizikos, kad įvykis įgis mažesnę reikšmę negu  $v_i$ .

Intervalinių tikimybių įvertinimui suformuokime papildomą daugiamatį kintamąjį  $L=f(V, S)$ , kuris nusakytų, ar scenarijus atitinka pasirinkta kriterijų  $v_i$ :

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & \dots & l_{1g} \\ \vdots & & \vdots \\ l_{k1} & \dots & l_{kg} \end{pmatrix}, \quad l_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{kai } s_j < v_i, \\ 0, & \text{kai } s_j \geq v_i. \end{cases} \quad (3.9)$$

Čia  $S_j$  yra  $j$ -tasis scenarijus,  $v_i$  yra  $i$ -tasis kriterijus,  $g$  – scenarijų skaičius,  $k$  – kriterijų skaičius.  $S^*$  pažymėkime scenarijų, kuris įvyks, o tikimybę, kad  $S^*$  bus mažesnis už pasirinktą kriterijų  $v_i$ , pažymėkime  $p_{vi} = p(S^* < v_i)$ . Tokiu atveju tikimybę  $p_{vi}$  galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$p_{vi} = \sum_{j=1}^g p_{sj} l_{ij}. \quad (3.10)$$

Čia  $p_{sj}$  yra  $j$ -tojo scenarijaus išsipildymo tikimybė, o  $l_{ij}$  apskaičiuojamas pagal 3.10 formulę.

3.9 ir 3.10 formulės pritaikytos sudarant ateities scenarijus, kurių skaičiavimo rezultatai pateikti C priede.

Kadangi, kaip parodė anksčiau atlikta kokybinė analizė, rizikos veiksnių poveikių vektoriai ir jų tikimybių vektoriai priklauso nuo vertinančios suinteresuotos šalies, kiekvienai šaliai derėtų atlikti atskirą kompleksinį rizikos vertinimą. Kadangi viešosios nuomonės rizikos veiksniai ir jų vertinimo metodika iš esmės skiriasi nuo investuotojo ir finansuotojo išskiriamų rizikos veiksnių vertinimo, šiame tyrime visuomenės pozicijų išsamiau nevertinsime – tai turėtų būti atskiro darbo tyrimo objektas.

### 3.5.1. Kompleksinis investuotojo rizikos įvertinimas

Esminiai investuotojo rizikos veiksnių poveikiai, apskaičiuoti pagal formules 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 ir jų pasirodymo tikimybės, gautos statistiniais metodais (jėgainės efektyvumas, projekto vėlavimas) ir ekspertiniu vertinimu (galimybė gauti bankinį finansavimą, specifiniai reguliavimo pokyčiai), pateikti 3.9 lentelėje. Rizikos veiksnio poveikio įvertis yra ne taškinis, o intervalinis įvertis, tačiau paprastumo dėlei darbe jis laikomas taškiniu įverčiu. Šioje lentelėje pateikti duomenys yra apskaičiuoti remiantis 3.4 poskyryje įvertintomis rizikų poveikių reikšmėmis.

Pasinaudoję 3.9 lentelėje pateiktais skaičiavimo rezultatais ir 3.9 bei 3.10 formulėmis, galime įvertinti sukonstruotų scenarijų pasirodymo tikimybes, t.y., tikimybes, kad įvyks vienas iš anksčiau apskaičiuotų scenarijų. Kompleksinis investuotojo rizikos įvertinimas pagal 3.9 lentelės duomenis pateiktas 3.10 paveiksle.

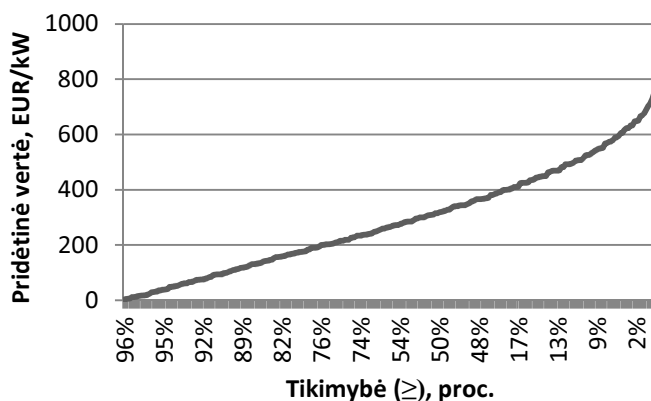
**3.9 lentelė.** Investuotojo rizikos veiksniai, jų poveikiai ir tikimybės (šaltinis: autorius)  
**Table 3.9.** Investor risk factors, their effects and probability (source: author)

Jėgainės efektyvumas	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	-278,8	-234,8	-197,1	-153,5	apie 0
	Tikimybė (<), proc.	1	2,5	5	10	63
	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	153,6	197,1	234,8	278,8	/
	Tikimybė (<), proc.	10	5	2,5	1	/
Projekto vėlavimas	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	-266,3	-124,6	apie 0	/	/
	Tikimybė (<), proc.	10	30	60	/	/
Galimybė gauti bankinį finansavimą	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	-316,8	-207,0	-101,4	apie 0	96,9
	Tikimybė (<), proc.	1	4	10	79	5
Specifiniai reguliavimo pokyčiai.	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	-59	-25	apie 0	/	/
	Tikimybė (<), proc.	5	20	75	/	/

Nors 3.10 paveiksle pateikta investuotojo pelno/nuostolio funkcija, dėl plačios scenarijų aibės praktinis jos taikymas nėra patogus. Todėl kompleksiskai įvertinant ir apibendrinant investuotojo riziką, patogiau parinkti konkrečius vertinimo kriterijus. Remiantis atlikta analize, buvo išskirti šie investuotojui svarbūs kriterijai:

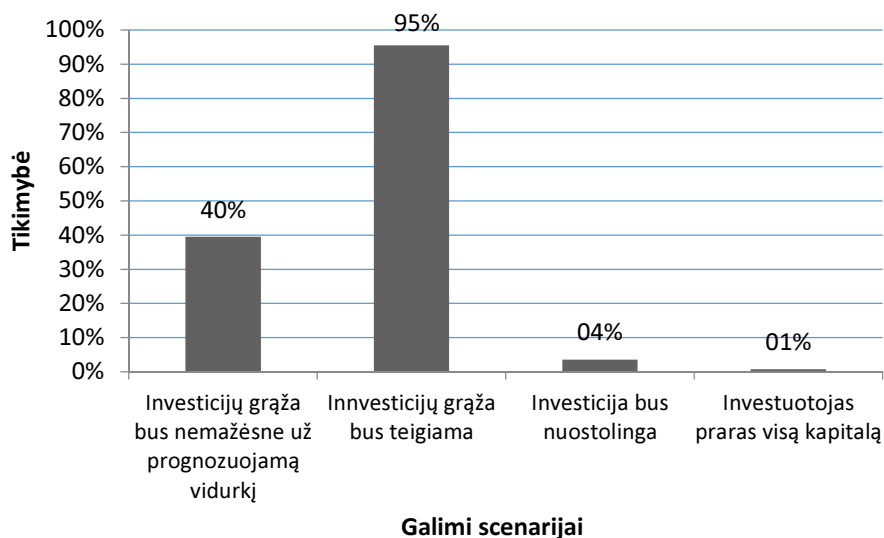
- investicijų grąža (vertė) bus didesnė arba nedaug nukryps nuo prognozuoto vidurkio;
- investicijų grąža (vertė) bus teigiama;
- nuostolis bus ne didesnis negu 30 % nuosavo kapitalo vertės;
- investuotojas praras visas lėšas.

Pagal šiuos kriterijus atliktas kompleksinis finansuotojo rizikos įvertinimas pateiktas 3.11 paveiksle.



**3.10 pav.** Investuotojo pelno/nuostolio funkcija<sup>5</sup> (šaltinis: autorius)

**Fig. 3.10.** Investor's profit/loss function (source: author)



**3.11 pav.** Kompleksinis investuotojo rizikos įvertinimas pagal išskirtus kriterijus (šaltinis: autorius)

**Fig. 3.11.** Integrated assessment of investor's risk according to selected criteria (source: author)

Remiantis kompleksiniu pagrindinių trijų investuotojo rizikos veiksnių įvertinimu galima teigti, kad investicijų į vėjo energetiką Lietuvoje rizika yra sąlygi-

<sup>5</sup> Funkcija apskaičiuota atveju, kai investicijų suma lygi 312 EUR.

nai nedidelė. Tikimybė, kad investicija bus nuostolinga yra ne didesnė negu 3,52 % , o tikimybė, kad investuotojas praras visas savo lėšas tėra 0,76 %. Tuo tarpu tikimybė, kad investicijų grąža bus teigiama, siekia 95,48 % , o tai, kad investicijų grąža bus ne mažesnė nei prognozuotas vidurkis (pagal pradines prielaidas) galime prognozuoti su 39,5 % tikimybe. Tyrime buvo įvertinti trys pagrindiniai rizikos veiksniai ir nors papildomų rizikos veiksnių įtraukimas galėtų padidinti investuotojui nepalankių scenarijų tikimybę, tačiau, atsižvelgiant į tai, kad analizei atrinkti veiksniai buvo esminiai, jų įtraukimas neturėtų ženkliai keisti gautų rezultatų.

### 3.5.2. Kompleksinis finansuotojo rizikos įvertinimas

Kaip ir atliekant investuotojo rizikos įvertinimą, svarbu pradžioje parinkti kriterijus. Finansuotojui yra aktualiausia įvertinti būsimus investuotojo pinigų srautus ir tikimybę, kad jam nereikės perimti ikeisto turto. Neigiamu atveju finansuotojui taip pat svarbu įvertinti ir potencialius nuostolius, pavyzdžiui, SPB subankrutavus. Remiantis atlikta analize, buvo išskirti šie finansuotojui svarbūs kriterijai:

- investuotojui pakaks pinigų srautų padengti įmokas;
- pardavus SPB, finansuotojas patirs nuostolį;
- patirtas nuostolis bus didesnis nei 5 % nuo kredito sumos.

SPB bankroto rizikos įvertinimui galima pritaikyti ir jau ankščiau 3.9 lentelėje pateiktus investuotojo rizikos veiksnius, tačiau atsižvelgiant į finansuotojo pozicijas, būtina pašalinti su bankiniu finansavimu susijusią riziką, iš esmės priklausančią nuo paties finansuotojo. Be to, projekto vėlavimo riziką derėtų analizuoti atskirai. Kaip aprašyta skyriuje apie kiekybinį vertinimą, finansuotojui projekto vėlavimo rizika svarbi tik tuo atveju, jeigu projektas užtrunka labai ilgai arba išvis nėra įgyvendinamas.

Vadinasi, projekto vėlavimo riziką reikia analizuoti atskirai ir neįtraukti į scenarijus, o gautus scenarijų rezultatus koreguoti pagal vėlavimo tikimybių reikšmes. Tarkime, turime dvi tikimybes  $pv_1$  ir  $pv_2$ , kur  $pv_1$  yra tikimybė, kad projektas vėluos labai ilgai arba nebus įgyvendintas, o  $pv_2 = (1 - pv_1)$ . Vadinasi, kad pirmiausia pagal formulę 3.10 apskaičiavus scenarijų tikimybes (be projekto vėlavimo rizikos)  $p_i$ , jas koreguojame pagal projekto vėlavimo tikimybes. Tokiu atveju  $p_i^* = p_i (1 - pv_1) + pv_1$ . Esminiai finansuotojo rizikos veiksnių poveikiai, apskaičiuoti pagal formules 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 ir jų pasirodymo tikimybės, gautos ekspertiniu vertinimu, pateikti 3.10 lentelėje.

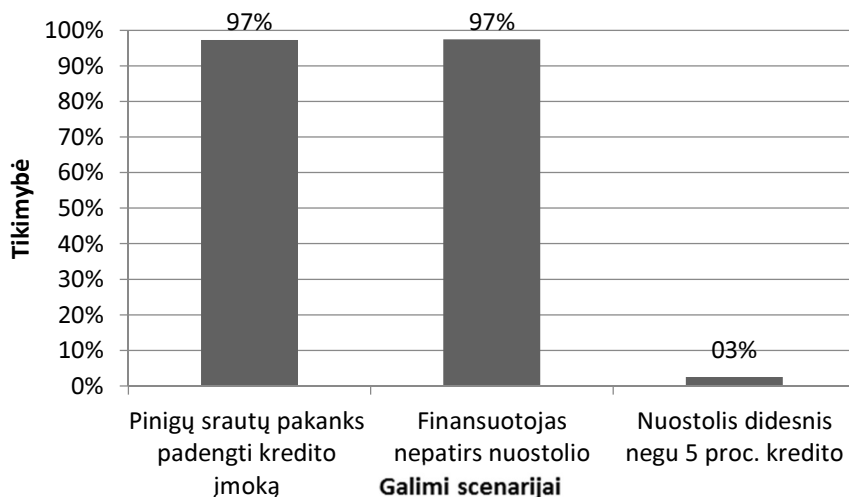
Remiantis kompleksiniu finansuotojo pagrindinių trijų rizikos veiksnių įvertinimu, galima teigti, kad finansuoti vėjo energetikos projektus Lietuvoje yra sąlyginai nerizikinga. Žvelgiant iš finansuotojo perspektyvos, tikimybė, kad SPB bendrovei nepakaks pinigų srautų padengti kredito įmoką, yra vos didesnė nei



2,7 %, o tikimybė finansuotojui patirti nuostolį yra dar mažesnė – siekia ne daugiau kaip 2,54 %.

**3.10 lentelė.** Finansuotojo rizikos veiksniai, jų poveikiai ir tikimybės (šaltinis: autorius)  
**Table 3.10.** Funder's risk factors, their effects and probability (source: author)

SPB bank- roto rizika	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	Analogiška kaip nurodyta lentelėje 3.8, tik be rizikos „galimybė gauti bankinį finansavimą“				
	Tikimybė (<), proc.					
Subsidijų politikos pasikeiti- mas	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	0	-181	-273	-405	-445
	Tikimybė* (<), proc.	90	4,5	3,5	1,5	0,5
Projekto vėlavimas	Nuokrypis nuo vidutinės vertės (>), EUR	0	-206,052	-343,42	/	/
	Tikimybė* (<), proc.	97 ,5	2	0,5	/	/



**3.12 pav.** Kompleksinis finansuotojo rizikos įvertinimas (šaltinis: autorius)  
**Fig. 3.12.** Integrated assessment of funder's risk (source: author)

Tikimybė, kad finansuotojo nuostolis bus didesnis negu 5 % paskolintos sumos, yra ne didesnė negu 2,5 %. Atkreiptinas dėmesys, kad pagrindinis rizikos veiksnys, galintis lemti tai, kad finansuotojas patirs nuostolį, yra projekto vėlavimas, kuriam iš galimų 2,54 % tenka 2,5 % (3.12 pav.).

Atliekant finansuotojo rizikos vertinimą, buvo analizuojami tik pagrindiniai rizikos veiksniai, tačiau, kadangi ekspertinio vertinimo duomenimis kiti veiksniai darytų tik marginalų poveikį, jų įtraukimas gautų investicijų vertinimo rezultatų pakeisti neturėtų.

### 3.6. Trečiojo skyriaus išvados

1. Remiantis Europos Komisijos tyrimais, vėjo energija yra vienas iš perspektyviausių AIE resursų. Remiantis Pasaulinės vėjo tarybos prognozėmis, 2020 m. vėjo jėgainių parkai pasaulyje generuos apie 16 % elektros energijos. Lietuvos geografinė padėtis ir klimato sąlygos yra palankios vėjo energetikos vystymui, todėl vėjo jėgainės Lietuvoje yra sparčiausiai besiplečianti atsinaujinančių išteklių energijos rūšis, kuriai tenka didžioji dalis investicijų į AIE sektorių.
2. Atsižvelgiant į Lietuvoje 2013 m. taikytą paramos „žaliajai energijai“ schemą, buvo atlikta investicijų į vėjo energetiką sukuriamos vertės analizė. Jos metu nustatyta, kad norint įgyvendinti vėjo energetikos projektą Lietuvoje, investicijų suma siekia apie 1560 EUR vienam kilovatui instaliuotos galios, iš kurių apie 83 % tenka generatoriui. Įgyvendinus projektą, investuotojui vidutiniškai tenkanti sukuriamos vertės dalis siekia apie 509 EUR vienam kilovatui instaliuotos galios, o finansuotojui vidutiniškai tenkantis sukuriamos vertės dalis siekia apie 367 EUR vienam kilovatui instaliuotos galios.
3. Vertinant rizikos veiksnių svarbą, ekspertinio vertinimo metu buvo nustatyta, kad investuotojui aktualiausi rizikos veiksniai yra susiję su projekto vėlavimu, bankiniu finansavimu ir galimais specifiniais reguliavimo pokyčiais. Didžiausios finansuotojo rizikos yra susijusios su bankrotu, projekto vėlavimu ir subsidijų politikos pasikeitimais. Pagrindinės viešojo sektoriaus rizikos yra viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas, paklausos svyravimas ir atsakomybė už padarytą žalą aplinkai.
4. Tyrimo rezultatai parodė, kad investuotojui tenkanti rizika yra didžiausia ir iš esmės persidengia su finansuotojui tenkančia rizika. Tuo tarpu viešojo sektoriaus rizika pagal savo pobūdį iš esmės ski-

riasi nuo investuotojo ir finansuotojo rizikos, tačiau turi ir bendrų rizikos veiksnių, susijusių su technologijų progresu ir kainų kitimu.

5. Išanalizavus investuotojams aktualius rizikos veiksnius, paaiškėjo, kad dėl projekto vėlavimo investuotojas gali prarasti iki 50 % projekto sukuriamos vertės. Palūkanų normai padidėjus 1 proc. punktu, investuotojas gali prarasti apie 20 % projekto vertės, o dėl specifinių reguliavimo pokyčių atsirandantys praradimai gali siekti iki 10 % projekto vertės.
6. Pagrindinių finansuotojo rizikos veiksnių analizės rezultatai atskleidė, kad subsidijų politikos pakeitimas esminės rizikos finansuotojui nesukelia: netgi visiškai panaikinus subsidijas, finansuotojo disponuojamas užstatas viršija kredito sumą. Projekto vėlavimo rizika finansuotojui yra svarbi tik neįgyvendinus projekto – tokiu atveju maksimalus nuostolis gali siekti iki 30 % kredito sumos.
7. Kompleksinė investuotojo rizikos vertinimo analizė, paremta pagrindinių rizikos veiksnių ateities scenarijais, parodė, kad Lietuvoje investicijų į vėjo energetiką rizika yra sąlyginai nedidelė: tikimybė, kad investuotojas patirs nuostolį siekia iki 3,52 %, o tikimybė investuotojui prarasti visas investuotas lėšas yra ne didesnė nei 0,76 %.
8. Kompleksiškai įvertinus finansuotojo rizikas, paaiškėjo, kad Lietuvoje vėjo energetikos projektų kreditavimo rizika yra palanki ir finansuotojui: tikimybė, kad finansuotojui reikės perimti turtą, yra ne didesnė nei 2,7 %, o tikimybė finansuotojui patirti nuostolį – ne didesnė nei 2,51 %, ir tai didžiaja dalimi susiję su tikimybe, kad dėl išorinių veiksnių projektas nebus įgyvendintas iš viso.



---

## Bendrosios išvados

1. Atlikta mokslinių šaltinių analizė parodė, kad atsinaujinančių išteklių energetikos projektų rizikos yra sietinos su dviem pagrindiniais rizikos šaltiniais: pirma, nepilna ar netiksli informacija apie įvairių parametru reikšmes duotuoju momentu ir jų dinamika laike, antra, kai kurių parametru tikimybine prigimtimi arba priklausomybe nuo atsitiktinių įvykių.
2. Suinteresuotų šalių teorijoje išskiriamos kelios suinteresuotų šalių grupės: investuotojai (akcininkai), kreditoriai (finansuotojai), vartotojai, darbuotojai, tiekėjai, visuomenė. Atlikta analizė parodė, kad, esant bendrai atsinaujinančių išteklių energetikos projektų rizikos šaltinių aibei, trijų pagrindinių suinteresuotų šalių (investuotojo, finansuotojo ir viešojo sektoriaus) rizikos veiksnių grupės ir rizikos lygiai iš esmės skiriasi.
3. Skirtingų suinteresuotų šalių išskiriamos rizikos veiksnių grupės, rizikos poveikio lygiai bei šaltiniai skiriasi savo specifika, klasikinės rizikos vertinimo metodologijos ir metodai gali būti taikomi, tik juos modifikavus ir atitinkamai pritaikius atsinaujinančių išteklių energetikos projektų rizikai nagrinėti. Kompleksiškai vertinant investicijų į šiuos projektus riziką, buvo taikoma tyrimo metodų sintezė, todėl tyrimas pasižymi daugiapakope tyrimo

struktūra. Atskiruose tyrimo etapuose buvo taikoma nuosekli tiriamoji ir integruota tyrimo struktūra.

4. Atsižvelgiant į Lietuvoje 2013 m. taikytą paramos „žalajai energijai“ schemą, buvo atlikta investicijų į vėjo energetiką Lietuvoje sukuriamos vertės analizė. Jos metu nustatyta, kad investuotojui vidutinė sukuriamą vertė siekia 509 EUR vienam kilovatui instaliuotos galios, o finansuotojui sukuriamą vertė vidutiniškai siekia 367 EUR vienam kilovatui instaliuotos galios.
5. Vertinant rizikos veiksnių svarbą ekspertinio vertinimo metodu buvo nustatyta, kad investuotojui aktualiausi rizikos veiksniai yra susiję su projekto vėlavimu, bankiniu finansavimu ir galimais specifiniais reguliavimo pokyčiais. Didžiausios finansuotojo rizikos yra susijusios su bankrotu, projekto vėlavimu ir subsidijų politikos pasikeitimais. Pagrindinės viešojo sektoriaus rizikos yra viešosios nuomonės pokyčiai, suinteresuotų šalių lobizmas, paklausos svyravimas ir atsakomybė už padarytą žalą aplinkai.
6. Kompleksinė investuotojo rizikos analizė, apimanti ateities scenarijų sudarymą, parodė, kad Lietuvoje investicijų į vėjo energetiką rizika yra sąlyginai nedidelė: tikimybė, kad investuotojas patirs nuostolį siekia iki 3,52 %, o tikimybė investuotojui prarasti visas lėšas yra ne didesnė nei 0,76 %. Finansuotojo atveju tikimybė, kad finansuotojui reikės perimti turtą, yra ne didesnė nei 2,7 %, o tikimybė finansuotojui patirti nuostolį – ne didesnė nei 2,51 %.
7. Sukurto investicijų rizikos vertinimo modelio pagrindu atlikta analizė patvirtino, kad Lietuvoje sudaryta investicinė aplinka yra palanki vėjo energetikos vystymui – vėjo jėgainių parko sukuriamą pridėtinę vertę ir prisiimama rizika yra sąlyginai patrauklios abiem suinteresuotoms šalims (tiek investuotojui, tiek ir finansuotojui).

---

## Literatūra ir šaltiniai

Abduramanov, R.; Kudryavtsev, A. 2007. The Method of Quantile Regression, A New Approach To Actuarial Mathematics, *11th International Congress "Insurance: Mathematics and Economics" July 10–12, 2007, Piraeus, Greece*.

Ackerman, F.; Heinzerling, L. 2004. *Priceless: On Knowing the Price of Everything and the Value of Nothing*. New York: The New Press.

Adler, M.; Posner, E. A. 2006. *New Foundations of Cost-Benefit Analysis*. Harvard University Press.

Agar, C. 2005. *Capital Investment and Financing: A Practical Guide to Financial Evaluation*. Elsevier: Butterworth-Heinemann.

Alessandri, T. M., *et al.* 2004. Managing Risk and Uncertainty in Complex Capital Projects, *Quarterly Review of Economics and Finance* 44(50): 751–767.

Alvarez, S. A.; Barney, J. B. 2005. How Do Entrepreneurs Organize Firms under Conditions of Uncertainty, *Journal of Management* 31(5): 776–793.

Anderson, D. 2007. Electricity generation Costs and Investment Decisions: a Review. *UK ERC, Working Paper*.

Andrews B.; Davis A. R.; Breidt J. F. R. 2007. Based Estimation for Allpass Time Series Models, *The Annals of Statistics* 35(2):844–869

- Artzner, P., *et al.* 1999. Coherent Measures of Risk, *Math. Finance* 3:203–228.
- Ascher, W; Overholt, W. 1983. *Strategic Planning and Forecasting: Political Risk and Economic Opportunity*. New York: Wiley-Interscience.
- Avent, T. 2008. Risk Analysis. *Assessing Uncertainties Beyond Expected Values and Probabilities*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Balzer, L. A. 1994. Measuring Investment Risk: a Review, *The Journal of Investing* 3(3): 47–58.
- Baratoff, M. C., *et al.* 2007. *Renewable Power, Policy, and the Cost of Capital*. Prepared for UNEP/BASE Sustainable Energy Finance Initiative.
- Berg, H. P. 2010. Risk Management: Procedures, Methods and Experiences, *RT&A* 2(17): 79–95.
- Blanco, M. I. 2009. The Economics of Wind Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 1372–1382.
- Bode, S. 2006. *On the Impact of Renewable Energy Support Schemes on Power Prices*. Hamburg: Hamburg Institute of International Economics Research.
- Bollerslev, T. 1986. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics* 31: 307–327.
- Boudoukh, J.; Richardson, M.; Whitelaw, R. 1998. The Best of Both Worlds, *RISK* 11: 64–67.
- Brand, K. W.; Jochum, G. 2000. Die Struktur des deutschen Diskurs zu nachhaltiger Entwicklung. *MPS-Texte 1/2000, Münchner Projektgruppe für Sozialforschung e.V., München, Germany*.
- Brekke, K. A. 1997. The Numéraire Matters in Cost-Benefit Analysis, *Journal of Public Economics* 64: 117–123.
- Buckley, A. 2000. *Multinational Finance. 4th edition*. Harlow: Prentice-Hallprentice.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). 1998. *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms*. Bonn, Germany.
- Burinskienė, M.; Rudzkienė, V. 2007. Assessment of Sustainable Development in Transition, *Ekologija* 53: 27–33.
- Campbell, D. T.; Fiske, D. W. 1959. Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait Multimethod Matrix, *Psychological Bulletin* 56(2) 81–105.
- Chen, H. T. 2006. A Theory-Driven Evaluation Perspective on Mixed Methods Research, *Research in the Schools* 1(13): 48–63.



Chernozhukov, V.; Umantsev, L. 2000. Conditional Value-at-Risk: Aspects of Modeling and Estimation, *Economic Applications of Quantile Regression Studies in Empirical Economics* 271–292.

Cleijne H.; Ruijgrok, W. 2004. *Modeling risks of renewable energy investments. Report of the project „Deriving Optimal Promotion Strategies for Increasing the Share of RES-E in a Dynamic European Electricity Market*. European Communities, Energie. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.green-x.at/downloads/WP2%20-%20Modelling%20risks%20of%20renewable%20energy%20investments%20\(Green-X\).pdf](http://www.green-x.at/downloads/WP2%20-%20Modelling%20risks%20of%20renewable%20energy%20investments%20(Green-X).pdf)

Cojocaru, S. 2010. Challenges in Using Mix Methods in Evaluation, *Postmodern Openings* 1(3): 35–47.

COSO. 2004. *Enterprise Risk Management – Integrated Framework*. [žiūrėta 2013 m. sausio 19 d.]. Prieiga per internetą: [www.theiia.org/iiia/download.cfm?file=9229](http://www.theiia.org/iiia/download.cfm?file=9229)

Couture, T.; Gagnon, Y. 2010. An Analysis of Feed-In Tariff Remuneration Models: Implications for Renewable Energy Investment, *Energy Policy* 38(2): 955–965.

COWI Baltic. 2009. *Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo elektros energijos gamyboje apimčių analizė ir rekomendacijų dėl elektros energijos, kuriai gaminti naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai, gamybos ir supirkimo skatinimo 2010–2020 m. parengimas*. [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.lvea.lt/public/gallery/C\\_Documents%20and%20Settings\\_Aiste\\_Local%20Settings\\_Application%20Data\\_Opera\\_Opera\\_profile\\_cache4\\_opr077B7.pdf](http://www.lvea.lt/public/gallery/C_Documents%20and%20Settings_Aiste_Local%20Settings_Application%20Data_Opera_Opera_profile_cache4_opr077B7.pdf)

Creswell, J. W. 1999. Mixed-method research: Introduction and application. Kn.: Cizek (sud.), *Handbook of Educational Policy*. San Diego: Academic Press. 455–472.

Creswell, J. W. 2003. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 2<sup>nd</sup> edition. Thousand Oaks: Sage.

Creswell, J. W. et al. 2003b. Advanced Mixed Methods Research Designs. Kn.: Tashakkori, A.; Teddlie, C. (sud.). 2003. *Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. Thousand Oaks: Sage. 209–240.

Creswell, J. W.; Clark, V. L. P. 2007. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. California: Sage Publications.

Creswell, J. W.; Fetters, M.; Ivankova, N. 2004. Designing a Mixed Methods Study In Primary Care, *Annals of Family Medicine* 2: 7–12.

Crotty, M. J. 1998. *The Foundations of Social Research: Meaning and Perspective in the Research Process*. SAGE Publications.

Crowards, T. 1997. Nonuse Values and the Environment: Economic and Ethical Motivations, *Environmental Values* 6 (2): 143–167.

- Davis, R. A.; Dunsmuir, W. T. M. 2007. Least Absolute Deviation Estimation for Regression with ARMA Errors, *Journal of Theoretical Probability* 10: 481–497.
- De Vriesa, B. J. M.; van Vuuren, D. P.; Hoogwijk, M. M. 2007. Renewable Energy Sources: Their Global Potential for the First-Half of the 21st Century at a Global Level: an Integrated Approach, *Energy Policy* 35(4): 2590–2610.
- Dhaene, J., et al. 2006. Risk Measures and Comonotonicity: a Review, *Stochastic Models* 22: 573–606.
- Diebold, F. 1988. *Empirical Modeling of Exchange Rate Dynamics*. New York: Springer.
- Dincer, I. 2000. Renewable Energy and Sustainable Development: a Crucial Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 4(2): 157–175.
- Dincer, I.; Rosen, M. A. 1998. A Worldwide Perspective on Energy, Environment and Sustainable Development, *International Journal of Energy Research* 22(15): 1305–1321.
- Donaldson, T.; Preston, L. E. 1995. The Stakeholder Theory of the Modern Corporation: Concepts, Evidence and Implications, *Academy of Management Review* 20: 65–91.
- Downey, H. K.; Slocum, J. W. 1975. Uncertainty: Measures, Research, and Sources of Variation, *Academy of Management Journal* 18(3): 562–578.
- Dunn, S. P. 2000. Fundamental Uncertainty And The Firm in the Long Run, *Review of Political Economy* 12(4): 419–433.
- Economist Intelligence Unit. 2011. *Managing the Risk in Renewable Energy*. [žiūrėta 2014 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.altran.de/fileadmin/medias/DE.altran.de/documents/Fachartikel/Managing-The-Risk-In-Renewable-Energy.pdf>
- Edgeworth, F. 1888. On a New Method of Reducing Observations Relating to Several Quantities, *Philosophical Magazine* 25: 184–191.
- EEA. 2009. *Europe's Onshore and Offshore Wind Energy Potential: an Assessment of Environmental and Economic Constraints*. [žiūrėta 2013 m. balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.energy.eu/publications/a07.pdf>
- ENERDATA [interaktyvus] 2011. *Global Energy Statistical Yearbook* [žiūrėta 2013 m. balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://yearbook.enerdata.net/>
- Engle, R. F. 1982. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica* 50: 987–1007.

Engle, R. F.; Manganelli, S. 2004. CAViar: Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles, *Journal of Business & Economic Statistics* 22, 367–381.

Erb, C. B.; Harvey, C. R. 2006. The Tactical and Strategic Value of Commodity Futures, *Financial Analysts Journal* 62, 69–97.

Ernst&Young Baltic. 2011. *Elektros energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius išteklius, ir biodujų supirkimo tarifų nustatymui reikalingos informacijos surinkimas, efektyviausios technologijos nustatymas ir tarifų apskaičiavimas. Galutinių rezultatų ataskaita*. [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: [http://old.regula.lt/lt/teises-aktai/teises-aktu-projektai/Viesosios%20konsultacijos%20dokumentas-ataskaita\\_20111220\\_\\_%20\(3\).pdf](http://old.regula.lt/lt/teises-aktai/teises-aktu-projektai/Viesosios%20konsultacijos%20dokumentas-ataskaita_20111220__%20(3).pdf)

European Commission. 2006. *European Energy and Transports. Scenarios on Energy Efficiency and Renewables*. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends\\_2030/doc/ee\\_and\\_res\\_scenarios.pdf](http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/ee_and_res_scenarios.pdf)

European Foresight Monitoring Network (EFMN). 2009. *Mapping Foresight Revealing how Europe and other World Regions Navigate into the Future*. [žiūrėta 2013 m. sausio 19 d.]. Prieiga per internetą: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ssh/docs/efmn-mapping-foresight.pdf>

Evan, W. M.; Freeman, E. R. 2005. A Stakeholder Theory of the Modern Corporation: Kantian Capitalism. Kn.: DesJardins, J. R.; McCall, J. J. (sud.). 2005. *Contemporary Issues in Business Ethics, 5th ed.* Wadsworth: 76–84.

Fan, L.; Qi, L.; Xiu, D. 2014. Quasi-Maximum Likelihood Estimation of GARCH Models With Heavy-Tailed Likelihoods, *American Statistical Association Journal of Business & Economic Statistics* 32(2): 178–191.

Fielding, N. G.; Fielding, J. L. 1986. *Linking Data: The Articulation of Qualitative and Quantitative Methods in Social Research*. Beverly Hills: Sage.

Firestone, J.; Kempton W. 2007. Public Opinion about Large Offshore Wind Power: Underlying Factors, *Energy Policy* 35(15): 84–98.

Fisher, R.; Tippett, L. H. C. 1928. Limiting Forms of the Frequency Distribution of Largest or Smallest Member of A Sample. *Proceedings Of The Cambridge Philosophical Society* 24: 180–190.

Follmer, H.; Schied, A. 2004. *Stochastic Finance. An Introduction in Discrete Time*. 3<sup>rd</sup> edition. Berlin: Walter de Gruyter.

Frame, J. D. 2003. *Managing Risk in Organizations. A Guide for Managers*. Washington: Jossey-Bass.

Franguridi, G. 2014. Higher Order Conditional Moment Dynamics and Forecasting Value-At-Risk, *Quantile* 12: 69–82.

Freeman, E. R. 2010. *Strategic Management – a Stakeholder Approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

Gifford, J. S.; Grace, R. C.; Rickerson, W. H. 2010. *Renewable Energy Cost Modeling: Key Considerations For Feed-In Tariff Rate Setting in The United States..* [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/51093.pdf>

Gilli, M.; Kellezi, E. 2006. An Application of Extreme Value Theory for Measuring Financial Risk, *Computational Economics* 27(1): 1–23.

Global Wind Energy Council, GWEC. 2006. *Global Wind Energy Outlook 2006 Report*. [žiūrėta 2013 m. balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gwec.net>.

Gnedenko, B. V. 1943. Sur la distribution limite du terme d'une série aléatoire, *Annals of Mathematics* 44: 423–453.

Grainger, C. A.; Kolstas C. D. 2010. Who Pays for a Carbon Tax?, *Environmental & Resource Economics* 46(3):359–376.

Greene, J. C. 2007. *Mixed Methods in Social Inquiry*. San Francisco: John Wiley & Sons.

Greene, J. C.; Caracelli, V. J. (sud.). 1997. *Advances in Mixed-Method Evaluation: the Challenges and Benefits of Integrating Diverse Paradigms (New Directions for Evaluation, No. 74)*. San Francisco: Jossey-Bass.

Hall, P.; Yao, Q. 2003. Inference in Arch and Garch Models With Heavytailed Errors, *Econometrica* 71: 285–317.

Hartwick, J. 1977. Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources, *The American Economic Review* 67(5): 972–974.

Harwell, M. R. 2011. Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods. Kn.: Conrad. C.; Serlin, R. C. (sud.). 2011. *The Sage Handbook for Research in Education: Pursuing Ideas as the Keystone of Exemplary Inquiry (2<sup>nd</sup> Edition)*. Thousand Oaks: Sage.

Holling, C. S. 1997. Regional Responses to Global Change. *Conservation Ecology [online]* 1(2), [žiūrėta 2014 m. gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.consecol.org/vol1/iss2/art3/>

Holttinen, H.; Stenberg, A. *Wind Power Balancing Costs for Different Size Actors in the Nordic Electricity Market*. [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: [https://www.google.lt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cleen.fi%2Fen%2FSitePages%2Fpublicdeliverables.aspx%3FfileId%3D1324%26webpartid%3Dg\\_e6ff1fc0\\_9a](https://www.google.lt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cleen.fi%2Fen%2FSitePages%2Fpublicdeliverables.aspx%3FfileId%3D1324%26webpartid%3Dg_e6ff1fc0_9a)

94\_40af\_8aae\_e1274f853ff6&ei=HskOVDPNI82XaoK3gNgP&usg=AFQjCNGEFUCO5ZndocYaYVvGvyhZnhzLg&bvm=bv.74649129,d.d2s

Institute for Energy Technology. 1996. *The Wind Regime at Butinge, Lithuania*. Kjeller.

International Energy Agency [interaktyvus] 2006. *Key World Energy Statistics 2006* [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.env-edu.gr/Documents/Key%20World%20Energy%20Statistics%202006.pdf>

International Energy Agency [interaktyvus]. 2010. *World Energy Outlook 2010* [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.google.lt/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=Key%20World%20Energy%20Statistics%202010>

ISO 31000. 2009. *Risk management – Principles and guidelines*. [žiūrėta 2013 m. sausio 19 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=43170](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=43170)

Jankauskas, V. 2011. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių rėmimo klaidos, *Energetika* 57(2): 78–84.

Jenkinson, A. F. 1955. The Frequency Distribution of the Annual Maximum (Minimum) Values Of Meteorological Events, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 81: 158–172.

Jick, T. D. 1979. Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action, *Administrative Science Quarterly*, 24: 602–611

Jones, L.R. 2012. Return on Investment Analysis: Applying a Private Sector Approach to the Public Sector, *Prime Journal of Business Administration and Management* 2(1): 426–435.

Jušys, A. 2012. Atsinaujinančių išteklių energijos reguliavimas Europos Sąjungos teisėje: raida ir tendencijos, *Verslo ir teisės aktualijos* [online] 7(1): 183–200.

Kalymon, B. A. 1981. Methods of Large Project Assessment Given Uncertainty in Future Energy Pricing, *Management Science* 27(4): 377–395.

Katinas V., et al. 2010. Vėjo srauto energetinių parametru Lietuvos pajūrio regione tyrimas, *Energetika* 56(3-4): 193–201.

Kemphorne, O. 1952. The Design and Analysis of Experiments, *New York Annals of Eugenics* 17(1): 96–97.

Knight, F. H. 1921. Risk, Uncertainty, and Profit. New York: Houghton and Mifflin.

Koenker, R.; Bassett, G. 1978. Regression Quantiles, *Econometrica* 46: 33–50.

Kohli, N. K. 1993. *Economic Analysis of Investment Projects: a Practical Approach*. Oxford: Oxford University Press.

- Krutilla, J. V. 1967. Conservation Reconsidered, *The American Economic Review* 57(4): 777–786.
- Kurowski, L.; Sussman, D. 2011. Investment Project Design: a Guide to Financial and Economic Analysis with Constraints, *Wiley Finance* [online]. [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.].
- Lele, S.; Norgaard, R. B. 1996. Sustainability and The Scientist's Burden, *Conservation Biology* 10(2): 354–365.
- Lenman, J. 2000. Preferences in their Place, *Environmental Values* 9: 431–451.
- Lipshitz, R.; Strauss, O. 1997. Coping with Uncertainty, *Organizational Behaviour and Human Decision Processes* 69(2): 149–163.
- Lyon, T. P.; Yin, H. 2010. Why Do States Adopt Renewable Portfolio Standards?: An Empirical Investigation, *Energy* 31: 131–155.
- Manganelli, S.; Engle, R. F. 2001. Value at Risk Models in Finance, *Working Paper No. 75*, [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp075.pdf>
- Marčiukaitis, M. 2011. Wind Farms Power Prediction in Lithuania, in *8th International Conference Of Young Scientists On Energy Issues CYSENI Kaunas, Lithuania, May 26-27, 2011*. Kaunas: LEI, 1–10.
- Mark, M. M.; Shotland R. L. 1987. Alternative Models for the Use of Multiple Methods. Kn: Mark, M. M.; Shotland R. L.(sud) *Multiple Methods in Program Evaluation: New Directions for Program Evaluation*. San Francisco: Jossey-Bass. 95–100.
- Markevičius, A.; Katinas, V.; Marčiukaitis, M. 2007. Wind Energy Development Policy and Prospects In Lithuania, *Energy Policy* 35(4): 893–901.
- Maurer, L. A.; Barroso, L. A. 2011. *Electricity Auctions: an Overview of Efficient Practices*. Washington: The World Bank.
- Menanteau, P.; Finon, D.; Lamy, M. L. 2003. Prices Versus Quantities: Choosing Policies for Promoting the Development of Renewable Energy, *Energy Policy* 31(8): 799–812.
- Mendonca, M. 2007. *Feed-In Tariffs: Accelerating The Deployment of Renewable Energy*. London: Earthscan.
- Mertens, D. M. 2003. Mixed Methods and the Politics of Human Research: the Transformative-Emancipatory Perspective. Kn.: Tashakkori, A.; Teddlie, C. (sud.). 2003. *Handbook Of Mixed Methods In Social & Behavioral Research*. Thousand Oaks: Sage. 135–164.
- Mertens, D. M. 2009. *Transformative Research and Evaluation*. New York: Guilford Press.
- Meulbroek, L. 2000. Total Strategies for Company-Wide Risk Control, *Financial Times Mastering Risk Series, Financial Times* 2–4

Midttun, A.; Gautesen, K. 2007. Feed In or Certificates, Competition or Complementarity? Combining a Static Efficiency and a Dynamic Innovation Perspective on the Greening of the Energy Industry, *Energy Policy* 35(3): 1419–1422.

Miller, K. D. 2007. Risk and Rationality in Entrepreneurial Processes, *Strategic Entrepreneurship Journal* 1(1–2): 57–74.

Mitchell, C., et al. (2011). Policy, Financing and Implication. Kn.: Edenhofer, et al. (sud.), *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. New York: Cambridge University Press.

Mitchell, C.; Connor, P. 2004. Renewable Energy Policy in the UK 1990–2003, *Energy Policy* 32(17): 1935–1947.

Morgan, D. L. 1998. Practical Strategies for Combining Qualitative and Quantitative Methods: Applications to Health Research, *Qualitative Health Research* 8(3): 362–376.

Morgan, J. P.; RiskMetrics Group. 1996. *RiskMetrics – Technical Document*. [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://yats.free.fr/papers/td4e.pdf>

Morse, J. N. 1991. Approaches to Qualitative-Quantitative Methodological Triangulation, *Nursing Research* 40(2): 120–123.

Naruševičius, V.; Lazdinis, I. 2010. *Darnaus vystymosi politika ir valdymas*. Vilnius: MRU Leidybos centras.

National Research Council (NRC). 2000. *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*. Washington DC: National Academies Press.

Nelson, D. B. 1991. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, *Econometrica* 59: 347–370.

Neumayer, E. 2003. *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms. 2nd Edition*. Northampton: Edward Elgar.

Olsen, R. A. 1997. Investment Risk: The Experts' Perspective, *Financial Analysts Journal* 53(2): 62–66.

Omer, A. M. 2008. Energy, Environment and Sustainable Development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(9): 2265–2300.

Painuly, J.P. 2001. Barriers to Renewable Energy Penetration: a Framework for Analysis, *Renewable Energy* 24(1): 73–89

Pearce, D.; Atkinson, G.; Mourato, S. 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments*. Paris: OECD Publishing. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.lne.be/themas/beleid/milieueconomie/downloadbare-bestanden/ME11\\_cost-benefit%20analysis%20and%20the%20environment%20oeso.pdf](http://www.lne.be/themas/beleid/milieueconomie/downloadbare-bestanden/ME11_cost-benefit%20analysis%20and%20the%20environment%20oeso.pdf)

Pearce, D.; Hamilton, K.; Atkinson, G. 1996. Measuring Sustainable Development: Progress On Indicators, *Environment and Development Economics* 1: 85–101.

Pedhazur, E. J.; Schmelkin, L. P. 1991. *Measurement, Design, and Analysis: an Integrated Approach*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Perrya, S.; Klemešb, J.; Bulatova, I. 2008. Integrating Waste and Renewable Energy to Reduce the Carbon Footprint of Locally Integrated Energy Sectors, *Energy* 33(10): 1489–1497.

Pollit, M. 2008. Liberalization and Regulation in Electricity Systems: How Can We Get the Balance Right? Kn.: Sioshansi, F. D. (sud.). 2008. *Competitive Electricity Markets: Design, Implementation and Performance*. Oxford: Elsevier.

Posner, E. 2000. Introduction to the Conference on Cost-Benefit Analysis, *Journal of Legal Studies* 29.

Rader, N. A.; Norgaard, R. B. 1996. Efficiency and Sustainability in Restructured Electricity Markets: the Renewables Portfolio Standard, *The Electricity Journal* 9(6): 1–85.

Rafaj P., et al. 2006. Combining Policy Instruments for Sustainable Energy Systems: an Assessment with GMM Model, *Environmental Modeling and Assessment* 11: 277–295.

Ragin, C.; Nagel J.; White, P. 2004. *Workshop on Scientific Foundations of Qualitative Research*. Washington: National Science Foundation. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.nsf.gov/pubs/2004/nsf04219/nsf04219.pdf>

Rathman, O. 2003. *The UNDP/GEF Baltic Wind Atlas*. Roskilde: Riso National Laboratory.

REN21. 2011. *Renewables 2011 Global Status Report*. Paris, France: REN21 Secretariat. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21\\_GSR2011.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf)

Rutkauskas, A. V. 2008. Investor's Possibilities Evaluation in Capital and Exchange Markets, *5th international scientific conference "Business and management" 2008*, 16–17 May 2008 Vilnius, Lithuania: selected papers. 206–213.

Rutkauskas, A. V.; Miečinskienė, A., Martinkutė, R. 2002. Finansiniai sprendimai neapibrėžtumo sąlygomis, *žurnalo „Tiltai“ priedas* 10: 178–193.

Rutkauskas, A. V.; Miečinskienė, A.; Stasytė, V. 2008. Investment Decisions Modelling Along Sustainable Development Concept on Financial Markets, *Baltic Journal On Sustainability* 14(3): 417–427.

Rutkauskas, A. V.; Stankevičienė, J. 2003. Formation of an Investment Portfolio Adequate for Stochasticity of Profit Possibilities, *Journal of Business Economics and Management* 4(1): 3–12.

Rutkauskas, A. V.; Stasytė, V. 2010. Effectiveness, Reliability and Subject Risk – Shaping Drivers for the Set of Possibilities and Utility Function when Investment



Decision is Made Under Uncertainty, In *The 6th International Scientific Conference Business and Management 2010: selected papers, May 13–14*, 1: 176–183.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V.; Stankevičienė, J. 2009. Profit, Riskness and Reliability – Three-Dimensional Base for Investment Decisions Management, *Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems : proceedings of the Ninth International Scientific School MA SR Saint-Petersburg, Russia, July 7–11*: 105–110.

Sagoff, M. (Ed.) 2008. *The Economy of the Earth: Philosophy, Law, and the Environment, 2nd Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Sankauskas, D. 2011. Wind Energy Parameter Variation Regularities in Lithuanian Coastal Zone, in *8th International Conference Of Young Scientists On Energy Issues CYSENI Kaunas, Lithuania, May 26-27, 2011*. Kaunas: LEI, 1–8.

Schwabe, P.; Lensink, S.; Hand, M. 2011. *Multi-national Case Study of the Financial Cost of Wind Energy. IEA Wind Task 26*. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/48155.pdf>

Shadish, W. R.; Cook, T. D.; Campbell, D. T. 2002. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston: Houghton Mifflin.

Slater, G.; Spencer, D. A. 2000. The Uncertain Foundations of Transaction Costs Economics, *Journal of Economic Issues* 34(1): 61–87.

Smidt, S.; Bierman H. 1992. *Capital Budgeting Decision, the Economic Analysis of Investment Projects*. [interaktyvus] . [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.pearsonhighered.com/educator/academic/product/0,,0023099437,00+en-USS\\_01DBC.html](http://www.pearsonhighered.com/educator/academic/product/0,,0023099437,00+en-USS_01DBC.html)

Stasiukynas, A. 2011. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimo elektros energetikoje analizė, *Jaunųjų mokslininkų darbai* 1(30): 55–62.

Steckler, A.; McLeroy, K. R.; Goodman R. M.; Bird S. T.; McCormick, L. 1992. Toward Integrating Qualitative and Quantitative Methods: An Introduction, *Health Education Quarterly* 19:1–8.

Stulz, R. M. 1996. Rethinking Risk Management, *Journal of Applied Corporate Finance* 9(3): 8–25.

Sveklaitė, L.; Stasiukynas, A. 2014. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo elektros energetikoje skatinimo priemonių modeliavimas, *Viešoji politika ir administravimas* 13(2): 258–274.

Szegő, G. 2005. Measures of Risk, *European Journal of Operational Research* 163(1): 5–19.

Štreimikienė, D. 2010. External Costs of Energy Security and Climate Change, *International Energy Journal*, 11: 225–233.

Taylor, J. W. 2008. Using Exponentially Weighted Quantile Regression to Estimate Value at Risk and Expected Shortfall, *Journal of Financial Econometrics* 6(3): 382–406.

Tamošiūnienė, R.; Šidlauskas, S.; Trumpaitė, I. 2006. The Multicriteria Evaluation Method of the Effectiveness of the Investment Projects, *Business: Theory and Practice* 7(4): 203–212.

Teddlie, C.; Tashakkori, A. 2009. *Foundations of Mixed Methods Research*. Thousand Oaks: Sage.

The International Renewable Energy Agency (IRENA). 2012. *Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview*. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://costing.irena.org/media/2769/Overview\\_Renewable-Power-Generation-Costs-in-2012.pdf](http://costing.irena.org/media/2769/Overview_Renewable-Power-Generation-Costs-in-2012.pdf)

Tomson, T.; Kallis, M. 2011. Assessment on Development of Wind Energy in Offshore Regions of Estonia, *Journal of Energy and Power Engineering* 5: 794–801.

Tringas, T. 2011. Paying for Sustainable Energy - How Much More Does Clean Energy Really Cost? *Paper presented at the BNEF Summit, New York City (NY)*.

UNEP. 2012. *Feed-In Tarrifs as Policy Instrument for Promoting Renewable Energies and Green Economies in Developing Countries*. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.unep.org/pdf/UNEP\\_FIT\\_Report\\_2012F.pdf](http://www.unep.org/pdf/UNEP_FIT_Report_2012F.pdf)

United Nations (UN). 2005. World Summit Outcome. *Resolution A/RES/60/1 Adopted by the General Assembly*.

Van der Linden, N. H., et al. 2005. *Review of International Experience with Renewable Energy Obligation Support Mechanisms*. Petten: Energy Research Centre Of The Netherlands. [žiūrėta 2012 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05025.pdf>

Vathsala, S. 2014. Mixed Methods Research: a New Approach, *International Journal of Nursing* 6(1): 254–260.

Voivontas, D., et al. 1998. Evaluation of Renewable Energy Potential Using a GIS Decision Support System, *Renewable Energy* 13(3): 333–344.

von Mises, R. 1954. La distribution de la plus grande de n valeurs, *Selected Papers* 2: 271–294.

Weber, Ch. 2010. Quantification of Political Risk in Energy Foresight: A Methods Overview. *EWL Working paper* 1(10).

Weisbrod, B. A. 1964. Collective-Consumption Services of Individual-Consumption Goods, *The Quarterly Journal of Economics* 78(3): 471–477.

Winer, B. J. 1962. *Statistical Principles in Experimental Design Book*. New York: McGraw-hill.

Wiser, R.; Barbose, G.; Holt, E. 2010. *Supporting Solar Power in Renewables Portfolio Standards: Experience from the United States*. [žiūrėta 2013 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/lbnl-3984e.pdf>

World Bank. 2004. *Public and Private Sector Roles in the Supply of Electricity Services*. [žiūrėta 2013 m. kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://siteresources.worldbank.org/INTENERGY/>

Zhou, K. Q.; Portnoy, S. L. 1996. Direct Use of Regression Quantiles to Construct Confidence Sets in Linear Models, *The Annals of Statistics* 24(1): 287–306.



---

## Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

### **Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose**

Jankauskas, V.; Rudzkis, P.; Kanopka, A. 2014. Risk Factors For Stakeholders In Renewable Energy Investments, *Energetika* 60(2): 113–124.

Burinskienė, M.; Rudzkis, P. 2010. Feasibility of the Liberal Electricity Market under Conditions of a Small and Imperfect Market. The Case of Lithuania, *Technological and Economic Development of Economy* 16(3): 555–566. (ISI Web of Science).

Rudzkis, P.; Macijauskas, L. 2012. Vėjo energetikos projektų investicinio patrauklumo vertinimas, *Mokslas – Lietuvos ateitis* 4(3): 250–255.

### **Straipsniai kituose leidiniuose**

Kanopka, A.; Rudzkis, P. 2013. Investicijos heterogeninėje aplinkoje: atsinaujinančių išteklių energijos rizika. *3rd International Scientific Conference Practice And Research In Private And Public Sector Conference Proceedings*. Issn (online) 2029-7378: 73–82.

Burinskienė, M.; Rudzkis, P.; Kanopka, A. 2014. Onshore Wind Farms: Value Creation for Stakeholders in Lithuania. International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM2013), *Springer Proceedings in Physics* 155: 233–242.



---

# Summary in English

## Introduction

### Problem formulation

Application of methods of financial economic analysis of investment projects requires extensive set of data, including financial, technological, legal, environmental and other information. Large share of the same information is of forecasting nature and relates to the future, which is always considerably uncertain. Such information cannot be complete and specific, given that the estimates are based on probabilities and can be characterised in certain limits only. Simultaneously, the project efficiency, as determined by the conditions of implementation, is also probability-based. It is for this reason that considerable attention is given both to financial-economic analysis and assessment of efficiency in the context of risk and uncertainty (Smidt, Bierman, 1992; Kohli 1993; Kurowski, Sussman, 2011). As the analysis of literature suggests, despite numerous theoretical and practical outcomes in this field, in view of variety of investment fields and tasks, no single method to deal with the issue has yet appeared. Investment decisions are always exposed to certain risk, while in case of investment projects (IP) implementation risk is mostly affected by uncertain future events that can have a negative impact on the financial value of investment projects. The problem is that one cannot tell with complete certainty neither the outcome expected in the future, nor the rate of potential costs.

As far as assessment of efficiency of investment projects using methods of cost and benefits analysis is concerned, it is assumed that the values of cash flows appearing during implementation of a project are certain in each period. By contrast, this represents

rather an exception than a rule in real terms. One must therefore forecast not only change in the structure of cash flows overtime but also probabilities of certain deviations. Possible deviation of outcome of financial operations from most probable values reflects the risk level. Consequently risk assessment forms an important and necessary part of analysis of efficiency of investment projects.

Key feature of risk is that it relates to uncertainty of the future, therefore an investment decision must be taken given incomplete definition of conditions of heterogenic environment. Therefore two concepts are determined: future-related uncertainty, and risk related to the same uncertainty. They are different in that future uncertainty is objective and we cannot change nor control it.

The issues discussed reveal problems and complexity of risk assessment methodologies and application of methods into renewable energy sources (RES). In view of the increasing demand for development of renewable energy sources in the global context and taking into account the issued based by the Lithuanian energy sector, there is a need to search for new, more precise methods and measures of investment risk in renewable energy sources, facilitating progress in renewable energy sources. This leads to scientific problem of the dissertation: how to develop a technique of risk assessment of investment into RES, based on synthesis of different data types, revealing links between occurrence of a certain stochastic event and its impact on the value of a certain investment project and how to verify the validity of the technique in case of investment projects into Lithuanian RES?

### **Relevance of the thesis**

As the global population and global economy are on the increase, so is the global energy consumption. In the period of 2004 to 2008, the global population increased by 5%, consequently total energy generation and annual emission of CO<sub>2</sub> increased by approximately 10% per year (International Energy Agency 2006, 2010). Despite the global financial crisis, G20 states reported a decrease in energy consumption of 1.1% only in 2009, which increased by 5% in 2010 (Enerdata, 2011), while CO<sub>2</sub> emission increased by 5.8% due to energy generation. According to the estimates of the International Energy Agency, in case the current trends continue, in 2030 the global energy demand will increase by approximately 60%, while the emission of carbon dioxide will increase by 62%. The global leaders in accord that the above trends conflict with the objectives of sustainable development, therefore as early as in 2002, the global leaders came to an agreement at the World Summit on Sustainable Development to have the share of the renewable energy increased substantially in the global context. The European Union (EU) places particular emphasis on the renewable energy and increase of energy efficiency: although in 2008, the renewable energy sources accounted for only as little as 10.3% in the total EU energy balance, the European Parliament delivered an ambitious decision that very same year to cut the CO<sub>2</sub> pollution until 2020 by 20% across the EU, to increase the efficiency of energy use by the same rate and to obtain up to 20% of energy from the renewable energy sources.

Global investment into the renewable energy has demonstrated a steep increase over the last few years. Europe dedicates most funding to the development of the



renewable energy sources, while the European Investment Bank (EIB), which focusses on combatting climate change and development of a competitive and safe energy has become a key funding source for the above projects. Over the last few years, the date of loans extended by the EIB for the development of the renewable energy sources has increased by several times and totalled EUR 6.2 billion in 2010, while the share of the renewable energy in the total portfolio of energy investment saw a triple increase in the period of 2006 to 2010, i.e. an increase from 10% to 30%. The loans are largely dedicated to the development of wind and solar energy generation. Given the intention of the EU Member States to accomplish the tasks set, the coming decade will clearly require more funding for the development of the renewable energy sources, while the efficient use of the same funding will bring a tangible impact on the development of the region and the wellbeing of the public. The Member States must first of all estimate the benefit created by the same investment and to channel the same investment to those technologies that generate most benefits. Assessment of the added value in the sector of the renewable energy is not a simple task, as it concerns not the energy generation alone, and instead covers a much wider field, including protection of the environment, sustainable development, creation of jobs, and impact on the economic development. Direct added value represents a single component of the value, however given that this component is the easiest to measure, it usually predominates over any other values.

Energy sector represents a fundamental economic sector, as its efficiency strongly affects competitiveness of the entire national economy, particularly as regards industry. To date, fossil fuel based technologies predominate across most countries. For an extended period of time, the prices of fossil fuel were sufficiently stable and relatively low, while over the last 10–20 years, the prices of fossil fuel saw an increase of several times, along with steep short-term fluctuation in prices. Furthermore, the approach taken on the environmental requirements and sustainable development has undergone a material change. Consequently, standard assessment methods of costs and benefits demonstrate limited adjustment to the dynamic factors in the energy sector and possible changes that will come in the future.

Higher prices and diminishing quantities of traditional energy sources push a more intense use of renewable energy sources. Given scientific and technical progress, technologies of use of renewable energy constantly improve, and so does the competitiveness of the same sources. As the studies completed suggest, the price of energy generated using certain technology directly relates to the experience of use, while the same experience relates to the quantity of technologies installed.

The techniques existing today are not completely adjusted to the special features of introduction of renewable energy, while both the business and the public sector need to have a reliable methodology allowing assessment of economic efficiency and risk behind use of renewable energy. Given that the development of such technique is rendered more difficult by considerable limits of change in the estimated technical and economic characteristics, as well as uncertainty, the improvement of methodology is a particularly relevant economic task.

As far as traditional economics is concerned, the attractiveness of investment is based on two key criteria: profitability and risk; these are mutually related and form an integral part of the decision making process. Market actors operate in the system of the

global free market; the parameters of this system such as prospective number of market players, availability of resources, purchasing power of consumers, demand, prices of products are not simply defined, thus leading to a set of uncertainty and risk sources. Total scale of energy risk sources includes financial risk, operating risk, regulatory risk, technological risk, market risk, legislative risk, a fiscal risk, risk of capability supplied, etc.

Risk sources are always related to activities and purpose of a certain object, which is measured by an outcome accomplished. Due to high number of risk indicators, an outcome of economic activity turns into a random value. Each market player is characterised by a unique distribution of random value; therefore stakeholders involved in certain activities are exposed to different types of risk.

Investment risk forms an integral part of assessment of investment environment and attractiveness of investment. Development of risk assessment technique into renewable energy sources is made more difficult by extensive numbers of stochastic technical and social-economic characteristics, therefore identification of specific risk levels by revealing a connection between probability of a certain event and consequences of the same event present a particularly relevant economic task.

### **Object of research**

The object of research is the risk of investment into the renewable energy.

### **Aim of the thesis**

The aim of the thesis is to examine the investment risk assessment technique, adjusted in view to the renewable energy sources and to verify its suitability through modelling of investment risk into Lithuanian renewable energy sources by assessing its parameters.

### **Objectives of the thesis**

To following objectives were defined for this work:

1. To reveal preconditions and reasons for development of renewable energy sources, determining investment into renewable energy sources value created and sources of risk for the stakeholders.
2. To examine the concepts of risk and uncertainties and their interconnection, leading to a range of different levels of uncertainties and to analyse features of risk analysis methods applied when assessing investment risk.
3. By relying on a synthesis of qualitative and quantitative research methods, to develop an investment risk assessment methodology, adjusted to the specifics of renewable energy projects.
4. To verify the features of investment risk assessment technique and its validity, when forming a model for risk assessment of investment into Lithuanian renewable energy sources and by assessing its parameters.

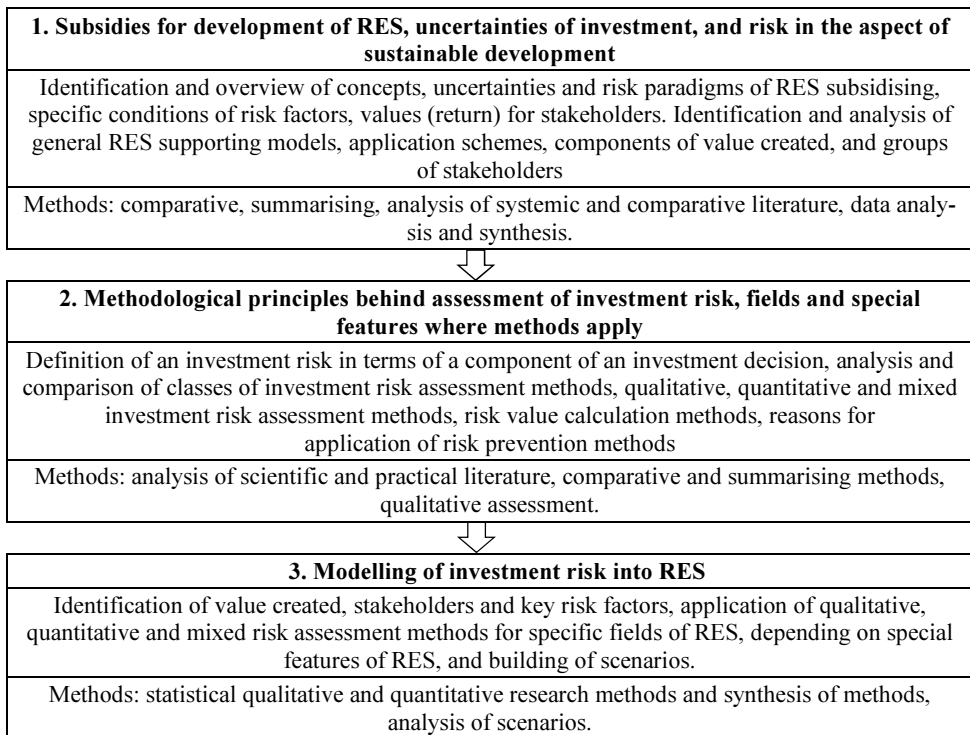
## Research methodology

Research and data analysis has relied on theoretical and empiric research methods: comparative, summarising, analysis of systemic and comparative literature, data analysis and synthesis, qualitative and statistical quantitative methods of risk assessment of investment projects, as well as analysis of scenarios and multi-stage probability statistical analysis.

Theoretical part of the dissertation, dedicated to a scientific issue and scientific papers on the subject, was carried out using comparative, summarising, analysis of systemic and comparative scientific literature. Respective chapters of the paper examine key paradigms of the issue at hand and define concepts; they also assess schemes for supporting RES and reasons for investment risk and uncertainties.

Part two of the dissertation examines methodology of risk assessment of renewable energy investments, preconditions for modelling; it was carried out based on analysis of scientific and practical literature and qualitative assessment.

Part three (analytical) of the dissertation is dedicated to analysis of features of risk assessment technique and assessment model of investment risk in Lithuanian RES; it was completed based on a synthesis of quantitative and qualitative research methods and on application of methods of scenarios (Fig. 0.1).



**Fig. 0.1.** Theoretical analysis and research methods scheme  
(source: author)

### **Scientific novelty of the thesis**

Although, in the heterogeneous investment environment, including renewable energy investment, the risk has previously been examined by a great number of authors, there are few papers examining investment risk from the perspective of stakeholders, naming risk factors inherent to each stakeholder. Another novelty is that the risk assessment of renewable energy investment projects in Lithuania employs a multi-stage research structure, involving synthesis of qualitative and quantitative methods.

The dissertation process has led to the following outcomes new to the science of economics:

1. Analysis of risk methods has revealed most appropriate assessment methods of investment in renewable energy sources, based on a multi-stage research structure.
2. Establishment of investment risk assessment technique adjusted to RES projects; the same technique names groups of stakeholders, sources of investment risk inherent to the same stakeholders, and methods appropriate to the specific assessment.
3. Establishment of a complex model of renewable energy investments risk assessment.

### **Practical value**

Adapting the constructed renewable energy investments risk assessment model in Lithuanian case, the parameters were assessed on the basis of empirical Lithuanian wind parks data. The constructed model based on investment risk scenarios allows the groups of stakeholders to assess the risk of investment into renewable energy sources and attractiveness of investment environment.

### **Statements to be defended**

1. Different stakeholders reveal different risk sources, different risk range and its levels of investment in renewable energy projects, therefore renewable energy investments risks must be assessed to every party concerned.
2. A multi-stage research technique, ensuring a synthesis of qualitative and quantitative risk assessment methods, allows combination of different types of risk, and a complex assessment of investment risk in the renewable energy sources with respect to each stakeholder.
3. Scenarios developed based on investment risk assessment model link possible loss functions of an investor and a funding provider, their probabilities, reveal limits of investment risk, and simultaneously allow assessment of the investment environment, and provide preconditions for a better planning of resources and decision making.

## Approval of research finding

There are 5 scientific publications on the topic of dissertation, including 3 published in reviewed scientific journals: one listed in Thomson ISI (Burinskienė, Rudzkis 2010), and another in IndexCopernicus (Rudzkis, Macijauskas 2012), and 2 published in international conferences, with one (Burinskienė, Rudzkis, Kanopka 2014) listed in Springer Proceedings.

## Structure of the thesis

The dissertation includes an introduction, three chapters, and summary of outcomes.

The paper contains 137 pages, including the summary but excluding annexes, includes 39 numbered formulas, 19 figures, and 13 tables. The paper is based on 170 literature sources.

## Brief information about the author

Paulius Rudzkis was born on 23 October 1983 in Vilnius. In 2005, he was awarded a bachelor degree in mathematics at the Faculty of Informatics of Vytautas Magnus University. In 2007, he was awarded a master degree in economics at the Faculty of Economics and Finance Management at Mykolas Romeris University. From 2005 to 2006, he held a position of consultant at Ekonominės konsultacijos ir tyrimai UAB, from 2007 to 2010, he was a lector at Mykolas Romeris University, and from 2010 to 2014 he was a student of doctoral studies at Gediminas Technical University. From 2012 to 2013, Paulius Rudzkis held an internship at the National Taipei University of Education of Taiwan.

# 1. Uncertainty(-ies) of development of renewable energy and risk from the perspective of sustainable development

The following chapter examines paradigm-based approaches of uncertainty and risk, mechanism of supporting the renewable energy sources (RES), risk factors specific to RES projects and value created by RES as regards the stakeholders.

In classic terms, risk relates to decisions, leading to probability-based consequences and distribution. As far as the risk assessment is concerned, criterion of an investment decision can be referred to as a function based on two variables (income and risk). However, when situation becomes “uncertain”, benefit and costs cannot be ascertained with complete certainty, as these will only appear in the future. In this case, calculations must include probabilities of benefit and costs,  $p_n$  and  $p_{is}$ :

$$IP\ efficiency = (benefit \times p_n) / (costs \times p_{is}). \quad (S1)$$

Ration of probabilities  $p_n$  and  $p_{is}$  reflects value of risk:

$$Risk = p_n / p_{is} . \quad (S2)$$

Development of RES projects involves not merely standard risk factors, inherent to investment projects, but furthermore specific risks only inherent to RES projects. Specifically, risks inherent to RES projects can be distributed into two large groups as follows:

- technological risk (related to the stochastic nature of RES);
- political risk (related to state aid).

Technological risk relates to stochastic nature of RES, i.e. the fact that in case of wind and solar plants the investors cannot be certain of energy to be generated by a power plant. Stochastic nature of RES also hinders balancing of the system and leads to additional costs for reserve.

Political risk of investment in RES largely relates to the aid scheme selected by the state, as well as indirect risk factors, related to its potential change. Comparison of the two key aid schemes (fixed rate scheme and green certificate scheme) reveals that the fixed rate aid scheme employed in Lithuania is less risky and provides a better investment protection.

Value and risk created by investment into RES depends on the support scheme applied; the scheme is important for all stakeholders, directly or indirectly involved in the process. The theory of stakeholders distributes them in five groups as follows: owners (shareholders), employees, consumers, suppliers, and the public. Total value can be defined as total value of different values with different weights:

$$GV = \sum_i^k \lambda_i v_i - v^* . \quad (S3)$$

Here  $i$  denotes SH group,  $k$  denotes a number of groups,  $v_i$  denotes a value for  $i$ -th group,  $\lambda_i$  denotes a weight of  $i$ -th group, and  $v^*$  denotes a total of overlapping values, since it is possible that the same value can be attributed to several groups several times.

## 2. Methodological principles of risk assessment, fields and special features of application of methods

The chapter examines qualitative risk assessment methods, classes of quantitative risk assessment methods, their precision and validity and methodological principles behind mixed research methods.

Key purpose of qualitative risk analysis is to determine risk of large, average and small significance of an investment project and to prepare information for subsequent risk assessment stages. A research carried out by the Economist Intelligence Unit in 2011 demonstrated that key risk types inherent to RES projects include financial risk (76%), political and regulatory risk (62%), related to weather conditions. Concept of risk and its value for different stakeholders can differ greatly. In case of most RES projects, three key stakeholders are involved: public sector (State), funding provider, and investor.

The dissertation therefore examines each of the above types of risk from the perspective of the same three stakeholders.

Traditionally, quantitative studies relate to experiments carried out in certain environment, with data gathered to be used for identification of links between dependent and independent variables or for a multidimensional statistical analysis. However lately the concept of quantitative studies has undergone expansion and now includes verification of data collection and reliability, formulation of theoretical perspectives or models, and verification of reliability of outcomes and interpretation. In case of risk studies, quantitative analysis is mostly applied for determination and classification of risk factors, fields and types, identification of their reasons, assessment of possible negative consequences and measuring and mitigation of possible loss.

Risk demonstrates itself using various shapes, consequently its assessment employs a wide range of probability-based methods. Different steps of risk analysis can involve application of different methods or their combinations. Quantitative risk assessment methods most commonly used have been expanded involving probability theory and statistics, for instance: standard deviation with a range of modifications, methods of market risk values, extreme values or quantile regression.

More recent groups of methods include Value-at-risk (VaR) calculation models. To date, methods of value-at-risk are some of most commonly applied methods for assessment of risk of financial industry, dedicated for measurement of risk value, specifically for assessment of risk that the market value falls due to change in prices of shares or commodities, interest rates, exchange rates, etc. VaR models combine several value-at-risk components into a single quantitative measure, assessing possible loss over a certain period of time.

VaR models still have a number of recognised shortfalls. Key issue related to application of VaR method is that the distribution of return of investment (profit) does not remain constant over time. This instability leads to a number of differences in most existing VaR calculation techniques. Classic assumption concerning normality of a distribution is frequently not met, while based on this assumption, the outcomes may exist. Depending on solution of the distribution issue, VaR models are distributed in three wide groups as follows:

- parameter-based – risk metrics and GARCH;
- non-parameter-based – models of historic modelling and hybrid models;
- semi-parameter-based: Extreme Value Theory, CAViaR and Quasi-maximum Likelihood GARCH.

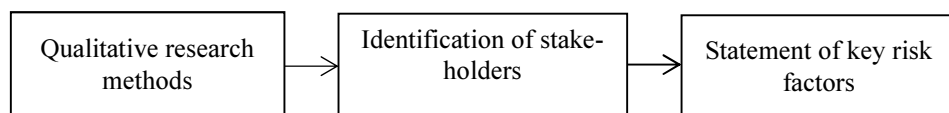
Mixed research methods usually combine several quantitative methods and integrate two forms of different data or more. Relevant aspects of application of mixed methods include synthesis of data analysed. General use of different types of data provides a better reflection of an issue examined than any type of data taken individually. Application of mixed research methods distinguishes three key methods of data synthesis: fusion, merging, and insertion of data. Use of data synthesis depends on the research design, which in turn depends on specific tasks of a paper, data used, and their assessment methods. Traditionally, research design is classified into four large types of design: consis-

tent, explanatory, research, and integrated; these are lately enhanced with fluctuating and multi-stage design types.

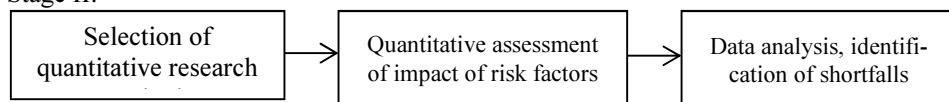
Risk assessment can be interested sufficiently clearly, hence, there is no need to employ consistent explanatory or parallel converging structure. Furthermore, the risks are mostly defined on the national level; they do not change significantly over time, thus research of fluctuating design is not suitable either. Consistent research design is favourable for identification of risk factors and assessment of their importance. As the wear and tear cycle of generators is 20 years and more, hence, in case of RES projects, ability to forecast long-term trends and future prices is important. Given that the same trends can be identified using both quantitative, and qualitative data, integrated research design is suitable for such research. Damage caused by a certain random event can best be estimated using quantitative data; however, probability of such an event can hardly be determined in qualitative terms, therefore, several risk factors with uncertain probabilities can be assessed using scenario or methods of road maps. In this case, a multi-stage research design is suitable too.

To sum up, one can suggest that the investment in the RES sector can be best assessed through a multi-stage risk assessment structure, one that integrates, in different stages, consistent research and integrated structure. Consequently, the dissertation employs the following research structure (Fig. S1):

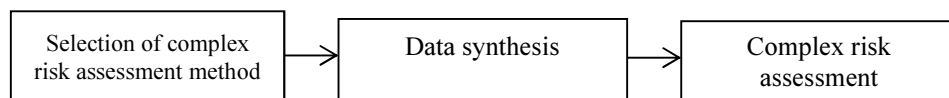
Stage I:



Stage II:



Stage III:



**Fig. S1.** Structure of mixed risk assessment structure of investment in RES  
(source: author)

Based on the quantitative, qualitative and mixed methods analysis and the selected multi-stage research design, a conceptual model for RES investments risk assesment was composed (Fig. S2).



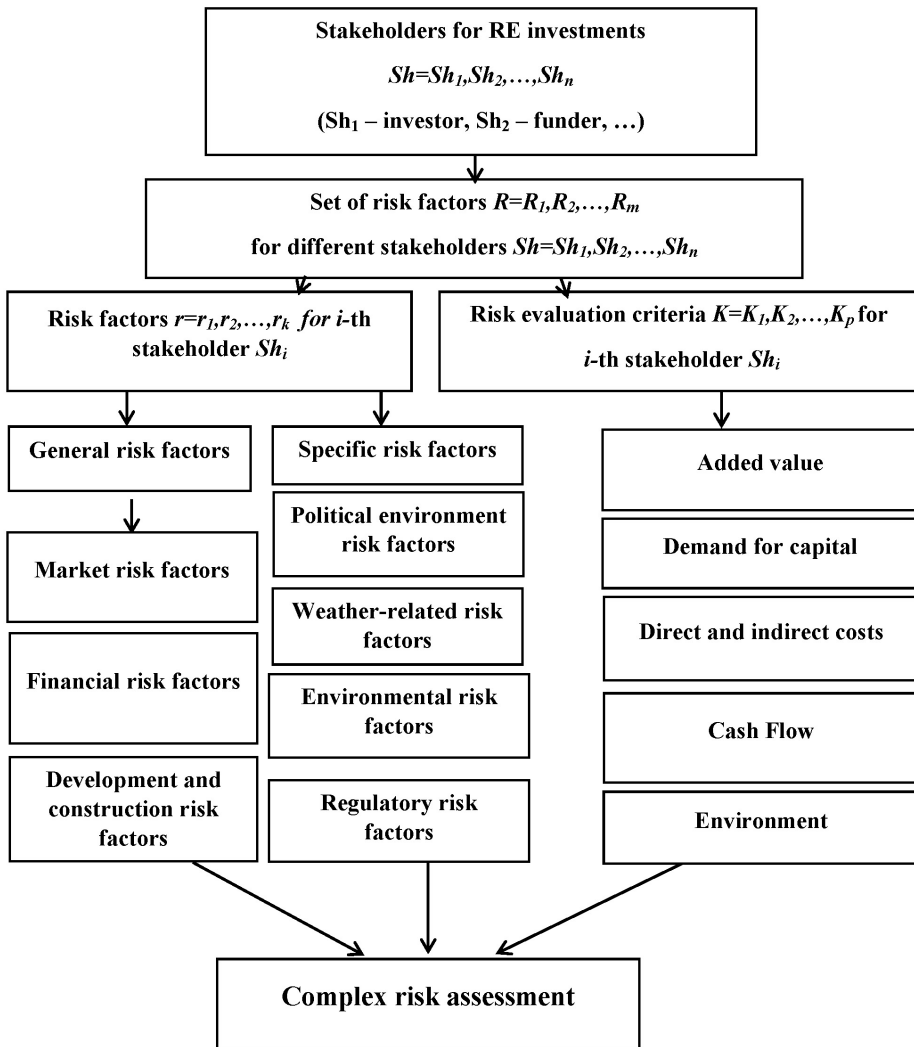


Fig. S2. Conceptual risk assessment model for investments in renewable energy sources (source: author)

### 3. Modelling of investment risk in renewable energy in Lithuania

Risk is directly related to change in value, while the value created by investment forms an integral part of risk assessment process. Value created by investment in RES depends

on a number of aspects, including technology used, location, special features of national economy, aid scheme for RES applied, etc. Therefore in order to determine the value and risk created by investment in RES, one must carry out an individual assessment of each technology in a specific country.

Having carried out an overview of principles and preconditions governing modeling of assessment of investment project risk, methodologies and techniques of risk assessment, for the purposes of structure and parameters of model to be created wind energy was selected as the type of RES technologies that attracts most investment in Lithuania and the world. Furthermore, this type of energy corresponds to climatic and geographical conditions of Lithuania, hence, in view of the conclusions of most studies, wind energy is regarded as most perspective for the generation of power in Lithuania. The analytical part of the dissertation uses empirical data provided by a wind plant launched in Lithuania several years ago (data by IRL Wind UAB) together with the Bank of Lithuania, commercial banks and Statistics Lithuania.

Unlike conventional power generators, there can be no clear forecast of power generation in the sector of wind energy. Quantity of power generated by a wind generator installed at a specific location is a stationary and random process, hence, based on data of long-term observation, statistical assessment of its average efficiency and income is possible.

$$P(\bar{E} - 1.96SEM)(p + 0.626\overline{TMV}) < R < (\bar{E} + 1.96SEM)(p + 0.626\overline{TMV}) = 0.95 . \quad (S4)$$

Here P designates a probability of a random event, SEM designates standard deviation of a means,  $\bar{E}$  designates average empiric efficiency, p designates power purchase price,  $\overline{TMV}$  designates estimated market price of emission reduction unit (ERU) (1 MWh power corresponds to 0.626 TMV), and R designates average monthly income.

Given average efficiency of a wind plant, 1 kW installed power per year with 95% probability should generate 1.82 to 2.36 MWh power. Assuming that the price per TMV will be approximately EUR 6, total average income, in the long-term, should range between EUR 136 to 176/kWh.

In view of the current project value, several parameters are defined as follows: project period (20 years), future cash flows, discount rate (5%) and project residual value at the current moment in time (161 EUR/kW). In this case, potential discounted income is calculated using the formula below:

$$CR^G = \sum_{i=21}^n \frac{CF_i * p_i}{(1+I)^i} . \quad (S5)$$

Here  $CR^G$  designates residual value of a generator, i designates a moment in time,  $CF_i$  designates a net cash flow in the i-th year,  $p_i$  designates a probability that the generator will be operational in the i-th year, n designates a number of years, where  $pn > 0$ .

Assumptions above and the formula (S5) suggest that average value of the project should currently range 266 to 753 EUR/kW. Cash flows and project value calculated is then used for investment risk assessment.

Qualitative assessment of risk of a given project depends on special features of a country, where the project is to be implemented. Based on the analysis of risk asses-

sment methods, the risk factors were identified and their importance was assessed using expert assessment method, involving 6 experts. The experts assessed risk factors in a scale of 11. Five factors posing highest risk appear in table S1.

The experts of the investors came to the same conclusion: Kendall coefficient of concordance  $W = 0.33$ , level of significance observed  $p = 0.022$ . As for the risk faced by the funding provider, the risk experts also formed similar opinions:  $W = 0.36$ ,  $p = 0.009$ . By contrast, the opinion of two experts differed as regards risks inherent to public sector. Once the assessment of the same two experts were eliminated from the research, it appeared that the remaining experts take a similar view:  $W = 0.57$ , level of significance observed  $p = 0.016$ .

**Table S1.** The most important risk factors for stakeholders according priority (source: author)

Investor's risk	Funding provider's risk	Public sector risk
Delay to commission an object	Bankruptcy risk prior to completion of a contract	Changes in public opinion, lobbying of stakeholders
Opportunity to secure a bank funding for a project	Changes in policy on subsidies, affecting profitability of a company	Fluctuations in demand
Specific regulatory changes	Delay to commission an object	Responsibility for environmental damage
Changes in policy on subsidies, affecting profitability of a company	Lack of information concerning technical (operational) characteristics of machinery	Very fast technological development and related change in price of machinery
External changes (EU and global) causing significant changes in national economy	Changes in public opinion, lobbying of stakeholders	Drop in energy market prices

Assessment of impact of risk factors, listed using expert assessment, employed methods of probability distributions, VaR, DCF and regressive analysis. The outcome was used for complex risk assessment.

In line with the research design under figure 1 and outcomes of qualitative and quantitative analysis, a complex assessment of risk faced by stakeholders was carried out, relying on a method of scenarios of multidimensional risk factors, based on their

probabilities. Under this method, if we deal with a multidimensional vector of risk factors  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , where  $X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$  is a vector of impact of  $i$ -th risk factor and the probability vector of their events, whereas  $P=(P_1, P_2, \dots, P_n)$ , where  $P_i=(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik})$ , is probability vector of  $i$ -th risk factor impacts. Furthermore, here  $p(x=x_{im}) \cap p(x=x_{il})=0$ , if  $m \neq l$ . In this case, once finite vectors of risk factor impacts are available, one can finalise a finite number of scenarios and calculate probabilities of each scenario.

If we have a vector of scenarios  $S=(s_1, s_2, \dots, s_g)$  and vector of their probabilities  $P_s=(p_{s1}, p_{s2}, \dots, p_{sg})$ , and the condition  $\sum_{i=1}^g p_{si} \leq 1$  holds, then we can calculate the number of scenarios  $g$  as a product of all numbers of impact of different risk factors.

Assessment of a specific project involves definition of intervals of outcomes relevant for decision making and calculation of probability using a vector under scenario that the final outcome will fall within the same intervals. A vector of criteria is then formed as  $V=(v_1, v_2, \dots, v_k)$ , reflecting a return of investment or value of a company, and condition  $v_i < v_{i+1}$  holds. This vector of criteria allows determination of scenarios corresponding to a specific criterion  $v_i$  and calculation of probability of a risk that an event will gain a lower value than  $v_i$ .

For the purposes of assessment of interval probabilities, an additional multidimensional variable is formed; it determines whether a scenario corresponds to criterion  $v_i$  selected:

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & \dots & l_{1g} \\ \vdots & & \vdots \\ l_{k1} & \dots & l_{kg} \end{pmatrix}, \quad l_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{where } s_j < v_i, \\ 0, & \text{where } s_j \geq v_i. \end{cases} \quad (S6)$$

Here  $s_j$  designates  $j$ -th scenario,  $v_i$  designates  $i$ -th criterion,  $g$  designates a number of scenarios,  $k$  designates a number of criteria. Let us use  $S^*$  to denote a scenario to take place, and where  $S^*$  is lower than the criterion selected  $v_i$ , and let us mark  $p_{vi} = p(S^* < v_i)$ . In this case, probability  $p_{vi}$  can be calculated using the formula below:

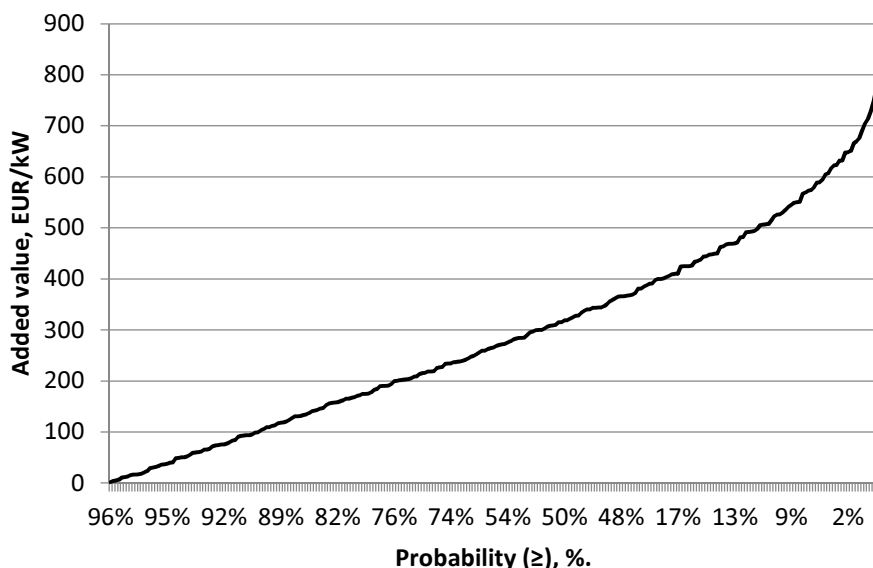
$$p_{vi} = \sum_{j=1}^g p_{sj} l_{ij}. \quad (S7)$$

Here  $p_{sj}$  is a probability of fulfilment of  $j$ -th scenario, while  $l_{ij}$  is calculated using formula S6.

Material impacts of investor risk factors, calculated using quantitative methods and probabilities of their occurrence collected using statistical methods (efficiency of a power plant, delay in project implementation) and expert assessment (availability of a bank funding, specific regulatory changes), were used to compile scenarios based on formula S6 and S7. The scenarios were then used to assess the function of profit/loss of an investor, as displayed in Figure S3.

Complex assessment of key risk factors of an investor suggests that the risk of investment in wind energy in Lithuania is relatively low. Probability of loss of investment does not exceed 3.52%, while the probability of investor losing all funding does not exceed 0.76%.

Investor's risk assessment reveal that in Lithuania investment environment for wind energy projects is relatively good.



**Fig. S3.** Investor's profit/loss function (source: author)

Scenarios of risk by funding provider, compiled using the same technique, demonstrate that the risk of funding wind power projects in Lithuania is relatively low. As for funding provider, probability that a funding provider may incur loss does not exceed 2.54%.

## General conclusions

1. Analysis of scientific sources revealed that the risks of RES projects should be linked to two key sources of risk: first, incomplete or not precise information concerning values of various parameters at a given moment, as well as their change over time, nature of certain parameters or their dependence on random events.
2. The theory of stakeholders distributes them in several groups as follows: investors (shareholders), creditors (funding providers), consumers, employees, suppliers, and the public. The analysis has demonstrated that, given a total set of RES project risk sources, groups of risk factors and risk levels of the three key stakeholders (investor, funding provider, and public sector) have material differences.

3. Given that groups of risk factors, risk impact levels and sources named by different stakeholders differ in their specific features, classic methodologies and methods of risk assessment can be applied, provided they are modified and respectively adjusted for examination of RES project risk. During complex assessment of investment risk in RES projects, synthesis of research methods was involved, thus the research gained its multi-stage structure. Different research stages involved consistent and integrated research structure.
4. In view of the scheme of supporting the “green energy” in Lithuania in 2013, value created by investment in wind energy in Lithuania was analysed. The analysis revealed that from perspective of an investor, average value created is 509 EUR per kilowatt of installed power, while from the perspective of a funding provider, the average value created is 367 EUR per kilowatt of installed power.
5. Expert assessment of the importance of risk factors revealed that risk factors most relevant to an investor relate to delay in project implementation, bank funding and possible specific regulatory changes. Highest risks of an investor relate to bankruptcy, delay in project implementation, and changes in the policy of subsidies. Key risks, as far as public sector is concerned, include changes in public opinion, lobbying of stakeholders, fluctuation in demand, and responsibility for the environmental damage.
6. Complex analysis of investor’s risk, based on future scenarios, has demonstrated that the investment risk in wind energy in Lithuania is relatively low: probability of loss to an investor does not exceed 3.52%, while the probability of investor losing all funding does not exceed 0.76%. As for funding provider, probability that a funding provider may be required to take over an asset does not exceed 2.7%, while probability of loss to a funding provider does not exceed 2.51%.
7. Analysis conducted based on a model of investment risk assessment has confirmed that the investment environment prevailing in Lithuania is favourable to development of wind energy, as value added of a wind park, and risk undertaken are relatively attractive to both stakeholders (investor and funding provider).

---

## Priedai<sup>6</sup>

**A priedas. Pagrindiniai vėjo jėgainų parko rodikliai ir istoriniai efektyvumo duomenys.**

**B priedas. Pagrindiniai nuokrypių nuo pradinės vertės pinigų srautų duomenys, EUR/kW.**

**C priedas. Investuotojo ir finansuotojo rizikos scenarijai.**

**D priedas. Ekspertinio vertinimo duomenys.**

**E priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje.**

**F priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos.**

---

<sup>6</sup> Priedai pateikiami pridėtame kompaktiniame diske.

Paulius RUDZKIS

INVESTICIJŲ Į ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGETIKĄ RIZIKOS VERTINIMAS

Daktaro disertacija

Socialiniai mokslai,  
ekonomika (04S)

RISK ASSESSMENT OF RENEWABLE ENERGY INVESTMENTS

Doctoral Dissertation

Social Sciences,  
Economics (04S)

2014 11 07. 12,5 sp. I. Tiražas 20 egz.  
Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
leidykla „Technika“,  
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,  
<http://leidykla.vgtu.lt>  
Spausdino UAB „Ciklonas“  
J. Jasinskio g. 15, 01111 Vilnius